

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**



UNIVERSITÉ ABDERAHMANE MIRA DE BEJAIA

FACULTÉ DE TECHNOLOGIE

DÉPARTEMENT DE GÉNIE ÉLECTRIQUE



Mémoire fin de cycle

En vue de l'obtention du diplôme master en électrotechnique



Thème

***Étude et analyse de fonctionnement de TGBT cogénération
CEVITAL***

OPTION : Commande des Systèmes électriques

Présenté par :

Mr : ALLOUACHE MALIK

Mr : ANNOUN NASSIM

Encadré par :

Mr : T. REKIOUA

Mr : O. SALHI

Promotion Juin 2017

Dédicace

Je dédie ce modeste travail,

*A mes chers parents en signe de reconnaissance, qu'ils trouvent
ici, l'expression de ma profonde gratitude tout ce qu'ils ont consenti
d'effort et de moyens pour me voir réussir dans mes études.*

*A la mémoire de mon grand père, que dieu l'accueille
Dans son vaste paradis.*

*A ma grande mère que dieux vous préserve santé et
longue vie.*

*A toutes les membres de ma famille, petits et grands,
Veuillez trouver dans ce modeste travail l'expression de
Mon affection.*

*A tous mes amis en souvenir des plus beaux instants qu'on a passé
ensemble*

Aussi bien à tous ceux qui m'ont aidé.

ALLOUACHE MALIK

Je dédie ce modeste travail.

A ma très chère mère.

Elle qui a consacré sa vie à l'éducation de ses enfants :

Elle pour qui éducation rime avec rigueur et travail;

Elle qui m'a élevé avec amour et tendresse ;

Elle qui a toujours cru en son unique fils ;

Aux sacrifices qu'elle a faits pour nous ;

A mon père qui n'a cessé de me soutenir.

A mes quatre sœurs qui me respectent beaucoup

A tous mes proches et ceux qui mes sont chers.

A tous mes amis.

*A tous mes enseignants durant mon cursus scolaire, du primaire
à l'université.*

*Ainsi qu'à mon collègue Allouache Malik qui m'a
supporté durant cette période.*

*Merci à toutes les personnes qui m'ont aidé et même
celles qui ne m'ont pas aidé
(peut être qu'elles le feront un jour).*

Une dernière chose :

*« La difficulté de réussir ne fait qu'ajouter à la nécessité
d'entreprendre... »*

ANNOUN NASSIM

REMERCIEMRNTS

Nous tenons tout d'abord à remercier notre promoteur

Mr Rekioua Toufik pour sa disponibilité et ses Précieux conseils pour rendre ce travail complet.

Nous tenons aussi à remercier notre encadreur Au niveau de

La Cogénération Mr Omar Salhi Pour ces orientations et son suivi durant notre stage, et tous les travailleurs de la cogénération.

Nous remerciement s'adressent aussi aux membres Du Jury d'avoir accepté de juger mon travail.

Nous exprimons également notre gratitude à tous les enseignants qui ont collaboré à notre formation depuis notre premier cycle d'étude jusqu'un la fin de notre cycle universitaire.

Sans omettre bien sur de remercier profondément tous

Ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation du présent travail.

ANNOUN & ALLOUACHE

Liste des symboles

C_{em} : Couple électromagnétique

C_r : Couple résistant

g : Glissement

L_1 et R_F : Bobine à noyau de fer

L_2 : Inductance de fuite

N : Rendement

P : Nombre de paire de pôles

P_a : Puissance absorbée

P_c : Puissance constante

P_{fr} : Perte fer au rotor

P_{fs} : Perte fer au stator

P_{jr} : Perte joule au rotor

P_{js} : Perte joule dans le stator

P_m : Puissance mécanique

P_{mec} : Perte mécanique

P_{tr} : Puissance transmise

P_u : Puissance utile

R_1 : Résistance du stator

R_2/g : Résistance fictive représentant la puissance transmise

R_2 : Résistance du rotor ramenée au stator

V_{eff} : La tension efficace

Ω : Vitesse de rotation du rotor

Ω_s : Vitesse de synchronisme en rad/seconde

ω_s : La pulsation

Liste des figures

Figure I.1 : les différents organes de la machine asynchrone

Figure I.2 : Le stator

Figure I.3 : Rotor bobiné

Figure I.4 : Rotor à cage d'écureuil

Figure I.5 : Rotor à cage simple

Figure I.6 : Rotor à cage profond

Figure I.7 : Rotor à cage double

Figure I.8 : Modèle d'une phase ramené au stator

Figure I.9 : Arbre de puissance

Figure I.10 : Point de fonctionnement de la machine asynchrone

Figure II.1 : caractéristiques du courant et du couple d'un démarrage direct

Figure II.2 : circuit de puissance

Figure II.3 : couplage des enroulements du moteur

Figure II.4 : circuit de puissance et schéma fonctionnel

Figure II.5 : caractéristiques de courant et de couple du démarrage étoile triangle

Figure II.6 : circuit de puissance et schéma fonctionnel du démarrage statorique

Figure II.7 : caractéristique de courant est de couple

Figure II.8 : Circuit de puissance du démarrage

Figure II.9 : caractéristiques de courant et de couple

Figure II.10 : circuit de puissance

Figure II.11 : Caractéristiques de courant et de couple

Figure II.12 : caractéristique du moteur

Figure I.13 : Découpage d'une phase

Figure II.14 : Caractéristique $U_{eff}=f(N)$ du démarrage sur rampe de tension

Figure II.15 : Caractéristique du courant moteur lors de démarrage sur limite courant

Figure II.16 : Démarreur progressif commande par alternance complète sur une phase

Figure II.17 : Démarreur progressif commandé par demi-alternance sur trois phases

Figure II.18 : Commande du moteur asynchrone par gradateur

Figure III.1 : Démarreur SIKOSTAR 3RW22

Figure III.2 : Schémas de commande du SIKOSTART

Figure III.3 : Affectation de bornes (12, 13, 14, 15)

Figure III.4 : Raccordement aux bornes lors de la commande par impulsion

Figure III.5 : Raccordement aux bornes lors de la commande par signal maintenu

Figure III.6 : Raccordement aux bornes pour U=220V - 240V

Figure III.7 : Raccordement aux bornes de pour U=380V - 415 V

Figure III.8 : Raccordement aux bornes en signalisation groupée de défaut

Figure III.9 : Sortie à relais de démarrage et freinage

Figure III.10 : Schéma de principe d'un démarrage moteur

Figure IV.1 Schémas unifilaire de TGBT partie installation.

Figure IV.2 : Mécanisme a déclanchement libre de commutation

FigureIV. 3 : Bloc de contact auxiliaire temporisé.

FigureIV.4 : Circuit de commande de démarrage séquentiel de deux moteurs

Figure IV. 5: Chronogrammes de démarrage en séquences de 1 à 5

Figure IV.6 Circuit de puissance de l'installation

Figure IV.7 : Interface du logiciel SCHEMAPLIC

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Avantages et inconvénients du moteur asynchrone

Tableau II.1 : Tableau comparatif des différents modes de démarrage des moteurs asynchrones triphasés

Tableau III.1 : Plages de tension d'alimentation de commande

Tableau III.2 : Mode de fonctionnement au démarrage

Tableau III.3 : Démarreur en fonctionnement

Tableau III.4 : les défauts signalés

Tableau III.5 Caractéristiques électriques

Tableau IV. 1 : caractéristiques du moteur de la pompe

Tableau IV. 2 : caractéristiques du moteur électrique de ventilateur

Tableau IV. 3 : caractéristiques du démarreur

Sommaire

Introduction générale.....	12
Complexe CEVITAL	13
Introduction.....	13
I.1 Direction énergie et utilités	13
I.2 Description de la cogénération	14
Introduction	16
II. 1. Description de la machine asynchrone	16
II.1.1. Le stator	17
II.1.2. le rotor.....	17
II.2. Principe de fonctionnement	19
II.3. Domaine d'utilisation des divers types de la machine asynchrone.....	19
II.4. Caractéristique de la machine asynchrone	20
II.4.1. Le glissement	20
II.4.2. Le couple électromagnétique	20
II.4.3. Bilan de puissance de la machine asynchrone	21
II.4.4. Le point de fonctionnement	23
II.5. Avantages et inconvénients du moteur asynchrone.....	23
Conclusion	23
Introduction.....	24
II.1. Choix du mode de démarrage	24
II.1.1. Condition de démarrage	24
II.2. Les différents types de démarrage	24
II.2.1. Démarrage direct	24
II.2.1.1. Schéma électriques.....	25
II.2.2. Démarrage étoile triangle	25
II.2.2.1. Schéma électriques.....	26
II.2.2.2. Caractéristiques de démarrage	26
II.2.3. Démarrage statorique	27
II.2.3.1. Schéma électriques.....	27
II.2.3.2. Caractéristiques de démarrage	27
II.2.4. Démarrage par autotransformateur.....	28
II.2.3.1.Schéma électrique	28
II.2.3.2. Caractéristiques du démarrage.....	28

II.2.7. Démarrage rotorique	29
II.2.7.1. Schéma électrique	29
II.2.7.2. Caractéristiques de démarrage	30
II.2.8. Démarrage par démarreur électronique	30
II.2.8.1. Réalisation du démarrage progressif	30
II.2.8.2. Influence de la tension moteur	31
II.2.8.3. Types de démarrage progressif	32
II.2.8.4. Types de démarreurs progressif	33
II.2.8.5. Avantages du démarreur progressif.....	35
Conclusion	38
Introduction.....	39
III.1. Description de démarreur progressif électronique SIKOSTART 3RW22	39
III.1.1. Tension d'alimentation de commande.....	40
III.1.2. Signaux de commande d'entrée.....	41
III.1.3 Signalisation groupée de défaut	42
III.1.4. Fin de démarrage	43
III.1.5 Circuit principal.....	43
III.1.6. Mise en service et en mode de fonctionnement	44
III.1.7. Traitement de des défauts	48
III.1.8. Caractéristique électriques.....	49
III.2. Fonctionnement avec différents paramètres.....	50
III.2.1. Principe de fonctionnement	50
III.3. Avantages	51
III.4. Inconvénients	51
Conclusion	52
Introduction.....	53
IV.1 Equipements de l'installation	53
IV.2 Alimentation et distribution électrique de l'installation.....	53
IV.2.1 Présentation de TGBT	53
IV.2.2 Equipements et architecture de TGBT.....	53
IV.2.3. Méthode de commande sur disjoncteur	55
IV.3. Etude au démarrage de l'installation	56
IV.3.1. La séquence de mise en marche des moteurs.....	57
VI.3.2. Position du problème au démarrage.....	57

IV.4. Solution proposer	58
IV.5. Contrôle automatique de séquence	58
IV.5.1. Temporisateur	58
VI.5.2 Bloc auxiliaire temporisé.....	58
IV.5.3.Conception de circuit de commande.....	59
IV.6. Elaboration du schéma de commande	62
IV.6.1 Présentation du logiciel SCHEMAPLIC	62
IV.6.2 Simulation de schéma de commande.....	62
Conclusion	63
Conclusion générale	64
Bibliographie	65

Introduction générale

Le développement économique et industriel dans la société actuelle a contribué à une augmentation de la consommation de l'énergie électrique, qui a pour conséquence, un accroissement de puissance à générer, à transporter et à distribuer, par conséquent, les réseaux d'énergie électrique deviennent de plus en plus grands et compliqués, d'où l'intérêt permet de chercher les moyens adéquats afin de les exploiter efficacement et économiquement.

Le moteur asynchrone et de conception simple, robuste et peu couteux à l'achat et à l'entretien. Il support de forte surcharges qui peuvent aller jusqu'à cinq fois son couple nominal. Il peut aussi fonctionner dans des milieux critiques (poussières, température, humidité,...), il n'est donc pas étonnant qu'il constitue la plus grande partie du parc des moteurs actuellement en service. [1]

L'objectif de notre étude consiste à étudier le démarrage d'un groupe de moteurs asynchrones couplés à un système de pompage au niveau du complexe CEVITAL. L'arrivée du jeu de barre TGBT est alimentée par un transformateur 30kv/400v d'une intensité nominale de 5000 A. Dans la procédure de démarrage de l'installation, le complexe CEVITAL a opté pour un démarreur progressif électronique par gradateur de type SIKOSTART 3RW22 (siemens) d'un courant nominal de 4000A sous tension 400V. Notre travail consiste à proposer une solution au problème soulevée au démarrage qui fait appel à un courant important lorsqu'on actionne les pompes et les ventilateurs en même temps, et par conséquent provoque l'échauffement des thyristors de démarreur (forçage) et aussi l'ouverture de la cellule protection transformatrice par Imax. Pour cela nous allons structurer ce mémoire en quatre chapitres.

Dans le premier chapitre, nous avons donné un aperçu global sur la constitution, la description et le principe de fonctionnement du moteur asynchrone.

Dans le premier chapitre, nous avons donné un aperçu global sur la constitution, la description et le principe de fonctionnement du moteur asynchrone.

Dans Le second chapitre, on met en évidence les différents types de démarrage du moteur asynchrone en citant leurs avantages et inconvénients.

Le troisième chapitre est consacré à l'étude des différents paramètres de démarreur électronique SIKOSTART.

En fin, le quatrième chapitre sera consacré à l'étude de la commande et le contrôle séquentiel automatique de démarrage a partir de blocs auxiliaires temporisés.

On terminera par une conclusion générale présentant le travail accompli, les difficultés rencontrées et les perspectives pour la continuité de ce travail.

Complexe CEVITAL

Introduction

CEVITAL est une entreprise algérienne, spécialisée dans l'industrie agroalimentaire elle se situe au niveau de port de Bejaia, créée par l'entrepreneur Issad Rebrab en 1998.

A Bejaia, CEVITAL opère une raffinerie d'huile alimentaire et une raffinerie de sucre ainsi qu'une margarinerie, le conditionnement, l'affinage et la production du sucre liquide. Elle inclue aussi la production de l'électricité par une centrale, appelée cogénération, d'une puissance équivalente à deux 25 MW

I.1 Direction énergie et utilités

La direction énergie est constituée de deux départements qui sont :

- ✓ Département chaufferie (production et distribution de la vapeur).
- ✓ Département électricité (production et distribution de l'énergie électrique).

Les différents départements de la direction énergie sont représentés dans l'organigramme suivant.

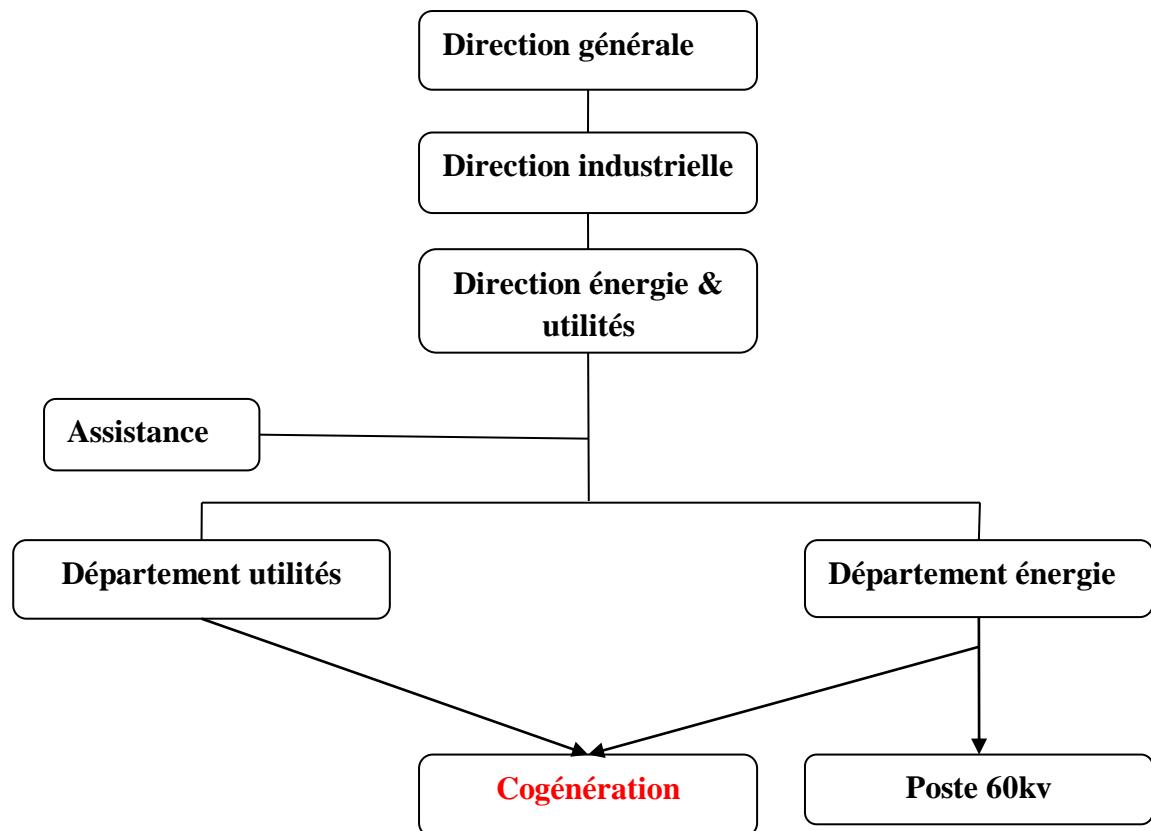


Figure 1 : Organigramme de la direction énergie

I.2 Description de la cogénération

La cogénération consiste à produire en même temps et dans la même installation de l'énergie thermique et mécanique.

L'énergie thermique est utilisée pour produire de la vapeur surchauffée, et l'énergie mécanique se transforme en énergie électrique grâce à un alternateur.

Cette installation est composée de trois parties, qui sont :

- ✓ La partie production de vapeur
- ✓ La partie production d'électricité
- ✓ La partie processus.

Le groupe CEVITAL a opté pour ce type d'installation, afin de répondre à ses besoins en matière d'énergie électrique et thermique pour son complexe agroalimentaire.

Présentation de l'installation

Partie production de vapeur

Elle sert à produire de la vapeur surchauffée à pression et température prédéterminées, ses principaux équipements sont :

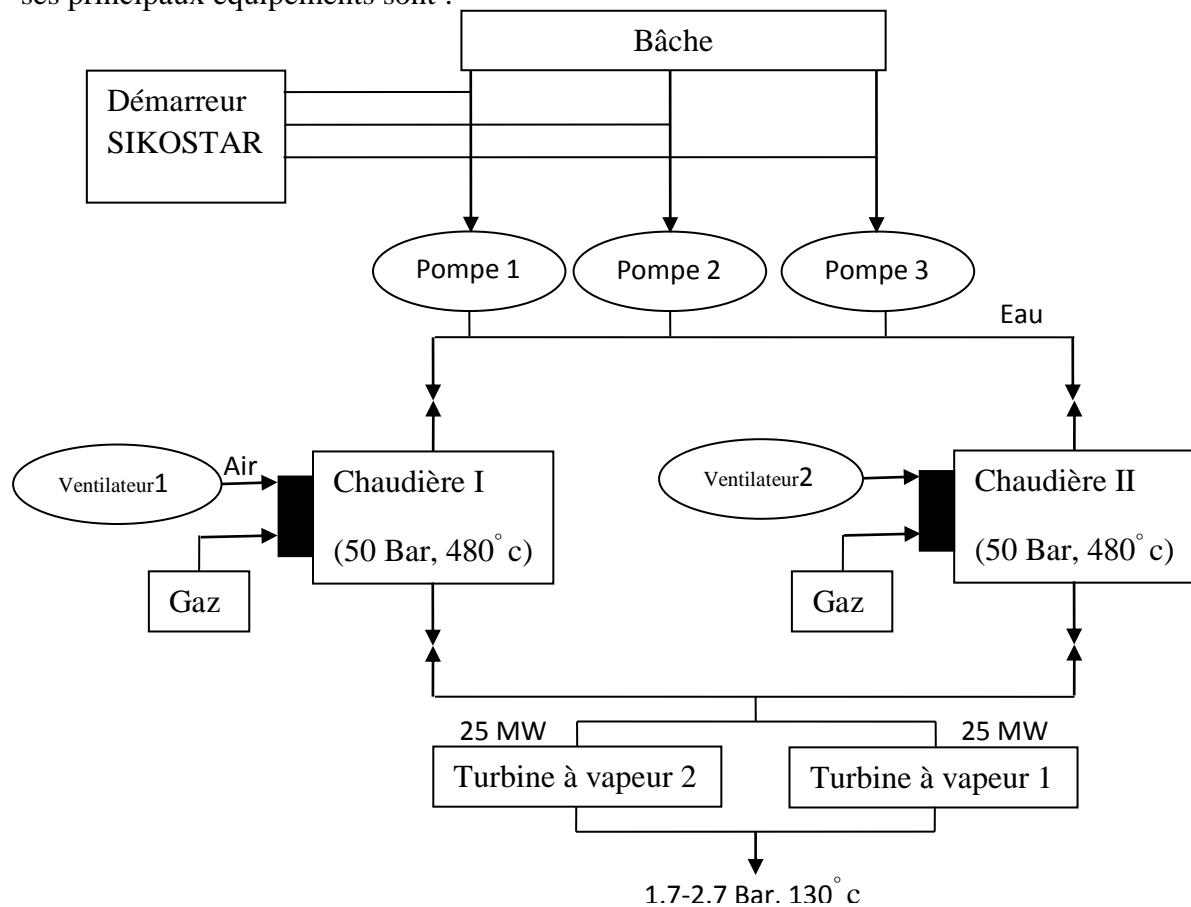


Figure 2 : schéma de production de vapeur

La chaudière

La chaudière est de type à tubes d'eau avec circulation naturelle, la chambre de rayonnement horizontale est équipée de deux bruleurs à gaz naturel, installés sur l'écran avant la chaudière, elle est équipée d'un surchauffeur à deux étages, un étage haute température (SHT) et un étage basse température (SBT) disposés verticalement en amont des faisceaux évaporateurs, entièrement vidange ables, ce surchauffeur est protégée du rayonnement de la flamme par une grille.

Les surchauffeurs et les chaudières présentent les caractéristiques suivantes :

- Pour une chaudière :
 - ❖ La protection de la vapeur se fait à 54 Bar et 480°C avec un débit de 150 t/h ;
 - ❖ Le volume en eau total est de 55m³.

Turbine à vapeur

- ❖ A contre pression dont les caractéristiques sont les suivant :
 - ❖ Puissance : 25 MW, dans chacune des deux turbine ;
 - ❖ Consommation : 150 tonnes/h, de vapeur par turbine ;
 - ❖ Restitution : 150 tonnes/h, de vapeur détendue de 54 Bar à 480°C à 3 Bar à 240°C.
 - ❖ Vitesse de rotation : 5900tr/min

La bâche

Elle sert à alimenter les deux chaudières en eau peur, et aussi pour un dégazage de l'eau.
Ses caractéristiques sont :

- ❖ Une capacité est de 88m³.
- ❖ Une pression de service 1,21 Bar
- ❖ Une température de travail 105°C
- ❖ Un diamètre externe de 3400 mm
- ❖ Une longueur totale de 12140 mm

Introduction

La machine asynchrone est la plus utilisée dans l'industrie. Sa gamme de puissance est établiee de quelques centaines de watts à plusieurs centaines de kilowatts. Dont sa vitesse de rotation n'est pas liée à la fréquence du réseau d'alimentation. Elle est fabriquée en plusieurs formes.

Son seul point noir est l'énergie réactive, toujours consommée pour magnétiser l'entrefer. Les machines triphasées, alimentées directement par le réseau, représentent la grande majorité des applications supplantant les machines monophasées aux performances bien moindres et au couple de démarrage nul. [1]

II. 1. Description de la machine asynchrone

Les machines asynchrones triphasées peuvent se décomposer du point de vue mécanique en trois parties.

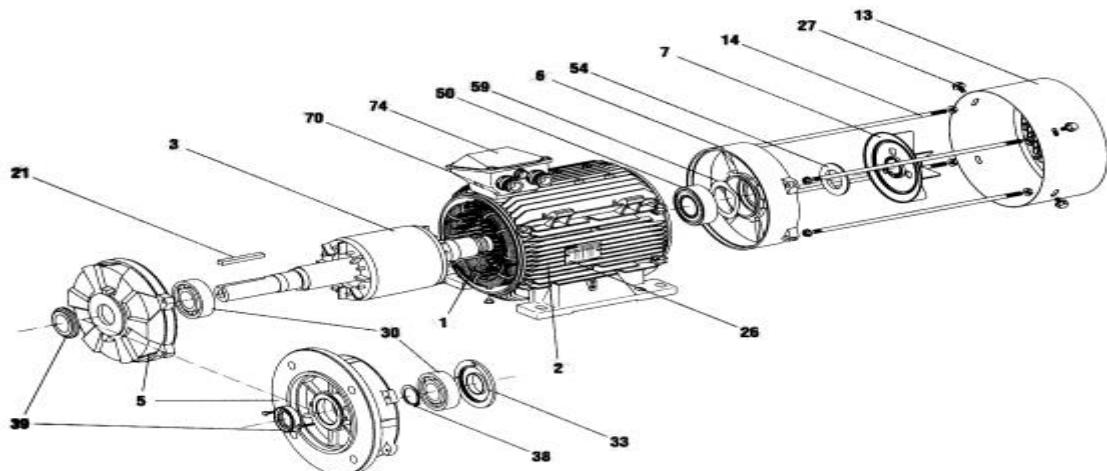


Figure I.1 : Les différents organes de la machine asynchrone

1 : Stator bobiné	21 : Clavette	38 : Circlipes de roulement
2 : Carter	26 : Plaque signalétique	accouplement
3 : Rotor	27 : Vis de fixation du capot	39 : Joint coté accouplement
5 : Flasque coté	30 : Roulement coté	50 : Roulement arrière
Accouplement	accouplement	54 : Joint arrière
6 : Flasque arrière	33 : chapeau intérieur coté	59 : Rondelle de pré charge
13 : Capot de ventilation	accouplement	70 : Corps de boite à bornes
14 : Tiges de montage		74 : Couvercle de boite bornes

II.1.1. Le stator

Le stator est un enroulement alimenté en tension alternative triphasée, et c'est la partie fixe du moteur. Elle est constituée d'une carcasse sur laquelle est fixée une coucoune de tôle d'acier de qualité spéciale munie d'encoche. Les bobinages de sections appropriés sont répartis dans ces derniers en formant un ensemble d'enroulements qui comporte autant de circuits qu'il ya des phases sur le réseau d'alimentation. [2]

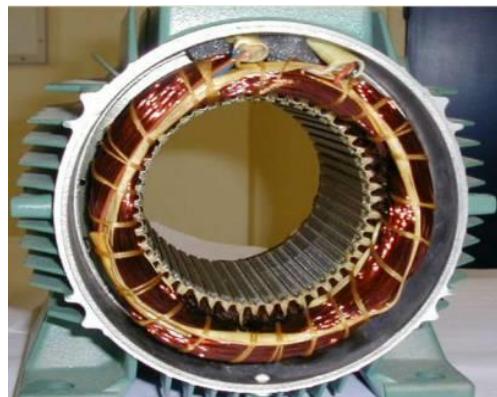


Figure I.2 : Le stator

Il crée un champ tournant dont la vitesse dépond de la fréquence de l'alimentation (f) et de nombres de paires de pôles (p).

I1.1.2. le rotor

C'est la partie mobile du moteur. Elle est placée à l'intérieur du stator et constituée d'un empilage de tôles d'acier formant un cylindre claveté sur l'arbre du moteur. On distingue deux types de rotor

II.1.2.1. Rotor bobiné ou à bague

Il comporte un enroulement exécute come un enroulement triphasé statorique, les enroulements rotorique sont généralement connecté en étoile, et les extrémités sont sortie par l'intermédiaire des bagues de frottement et des balais pour aboutir au rhéostat de démarrage.

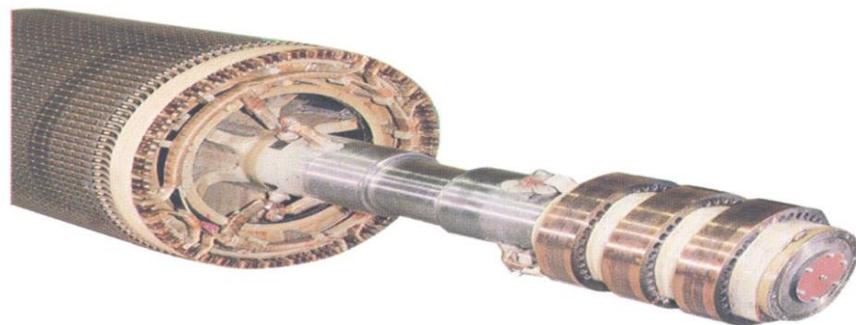


Figure I. 3: Rotor bobiné

II.1.2.2. Rotor en court-circuit (à cage d'écureuil)

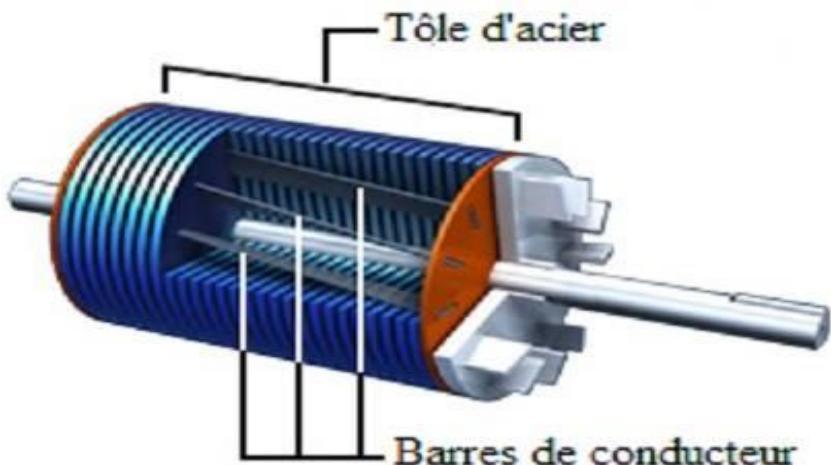


Figure I.4 : Rotor à cage d'écureuil

Le rotor des moteurs en court-circuit est de trois types

a) A cage simple

Les encoches du rotor découpés dans l'acier ont le plus souvent une forme ovale avec un rapport plus au moins grand entre la hauteur et la largeur de l'encoche. Sont coulées des barres en aluminium conductrices pour former la cage d'écureuil.

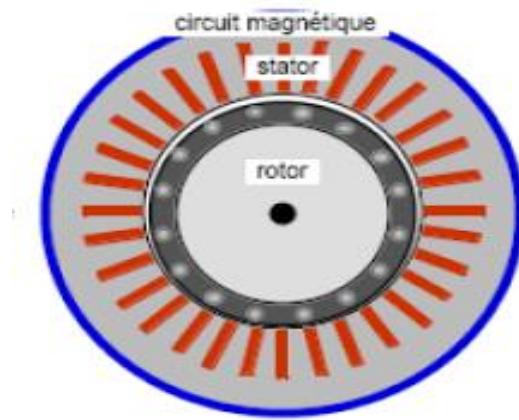


Figure I.5 : Rotor à cage simple

b) A cage profonde

C'est une cage constituée d'un type de barre plus profond que la précédente. Lors du démarrage d'un moteur de ce type, un phénomène physique fait circuler le courant dans la périphérie des conducteur, comme l'extérieur de la cage a une section plus faible, la résistance est plus élevé et le courant limité. A la fin du démarrage le courant circule dans toute la surface de cage.

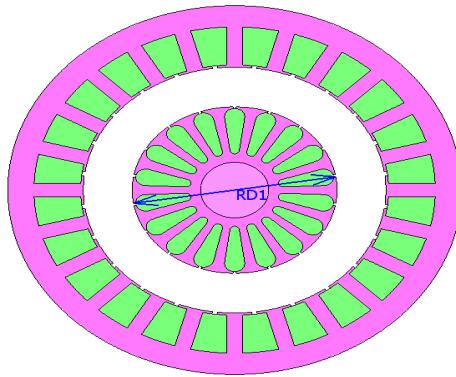


Figure I.6 : Rotor à cage profond

c) A cage double

Le rotor à double cage d'écureuil comporte une cage supérieure de résistance relativement grande et inductance faible en laiton ou en bronze, et une cage inférieure de faible résistance en cuivre, la première fonctionne au démarrage et la deuxième en régime permanent.

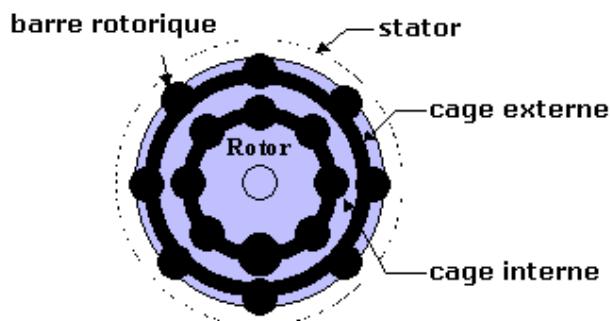


Figure I.7 : Rotor à cage double

II.2. Principe de fonctionnement

En alimentant trois bobines identiques décalées de 120° , par une tension alternative triphasée, on produit trois champs magnétiques alternatifs, ces trois champs magnétiques alternatifs se composent pour former un champ tournant à l'intérieur du rotor. Ce champ crée dans le circuit électrique du rotor des courants induits qui provoquent une force magnéto-motrice qui entraîne le rotor en rotation.

II.3. Domaine d'utilisation des divers types de la machine asynchrone

- ✓ La machine à encoches profondes est la plus utilisée.
- ✓ Lorsqu'un couple de démarrage est exceptionnellement élevé on utilise la machine à cage d'écureuil.
- ✓ La machine à rotor bobiné de glissement est utilisée dans les cas particuliers suivant :
- Lorsqu'un fort couple est exigé au démarrage, mais que le réseau n'autorise pas une surintensité suffisante.

- Lorsque le démarrage doit être progressif, exemple : machine d'extraction, ascenseur, téléférique,...etc.
 - Lorsqu'il est obligatoire de pouvoir faire varier la vitesse.

II.4. Caractéristique de la machine asynchrone

La machine asynchrone est caractérisée par deux grandeurs principales :

II.4.1. Le glissement

Par définition, le glissement est l'écart relatif entre la vitesse de rotor Ω_r et la vitesse de synchronisme Ω_s , on le note g et on le définit par la relation suivante. [2]

$$g = \frac{(\Omega s - \Omega)}{\Omega s} \dots \quad \text{I.1}$$

$$\Omega_S = \frac{\omega_s}{p} \quad \dots \dots \dots \text{I.2}$$

Ωs : vitesse de synchronisme en rad/ seconde ;

Ωr: vitesse de rotation du rotor

$0 < g < 1$; $g = 1$ (moteur à l'arrêt) et $g \sim 0$ (à vide).

II.4.2. Le couple électromagnétique

Le couple électromagnétique exercé par le champ glissant sur le rotor est donné par le schéma équivalent d'une phase de la machine asynchrone qui est représenté par la figure I.8. La machine est représentée comme un transformateur dont le secondaire est court-circuité et dans lequel les courants et tension possèdent des rapports de transformations différent. [2]

$$C_{em} = \frac{3PV^2\text{eff}}{\Omega} \frac{R_2}{\frac{R^2}{g} + g(L^2w)^2} \quad \dots \quad I.3$$

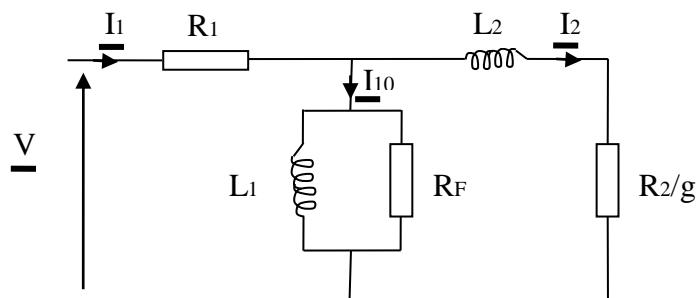


Figure I.8 : Modèle d'une phase ramené au stator [3]

R₁: Résistance du stator

L₁ et R_F: Bobine à noyau de fer

L_2 : Inductance de fuite

R_2/g : Résistance fictive représentant la puissance transmise

R_2 : Résistance du rotor ramenée au stator

II.4.3. Bilan de puissance de la machine asynchrone

La figure I.9 représente les différentes puissances dans la machine asynchrone.

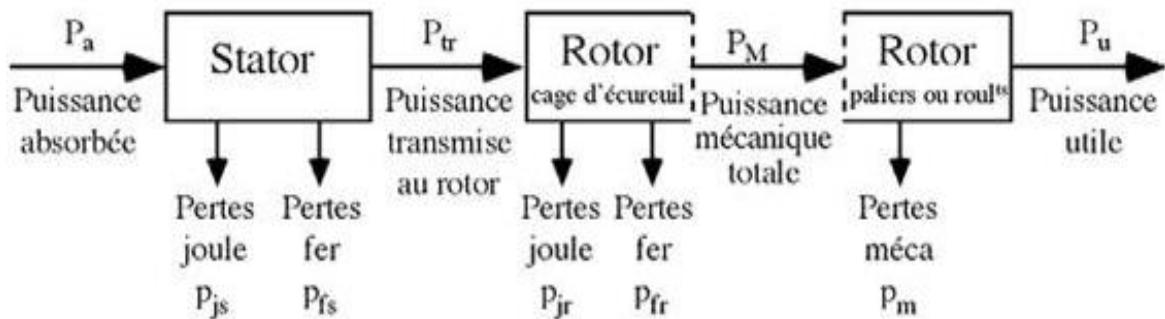


Figure I.9 : Arbre de puissance

II.4.3.1. Puissance électrique absorbée (P_a)

$$\text{Le moteur absorbe du réseau : } P_a = \sqrt{3} U_s I_s \cos \varphi \quad \dots \quad \text{I.4}$$

Une partie de la puissance absorbée est dissipée en pertes joules statorique (P_{js}) et en pertes fer dans le stator (P_{fs}), le reste de la puissance transmise (P_{tr}) traverse l'entrefer c'est ainsi la puissance électromagnétique.

II.4.3.2. Pertes par effet joule au stator (P_{js})

$$P_{js} = 3 \times R_1 \times I^2 1 \quad \dots \quad \text{I.5}$$

Avec r_1 : Résistance d'une phase

II.4.3.3. Pertes fer au stator (P_{fs})

Elles ne dépendent que de la tension U et de la fréquence f , donc elles sont constantes si le moteur couplé au réseau fixe.

$$P_{fs} = 3 \times \frac{U^2 1}{R_1} \quad \dots \quad \text{I.6}$$

II.4.3.4. Puissance transmise (P_{tr})

C'est la puissance que reçoit le rotor :

$$P_{tr} = P_a - P_{js} - P_{fs} \quad \dots \quad \text{I.7}$$

II.4.3.5. Le couple électromagnétique (Cem)

Les forces qui s'exercent sur les conducteurs du rotor tournant à la vitesse Ω et l'action de l'ensemble électromagnétique se réduit à un couple électromagnétique résultant de moment C_{em} .

Avec: Cem [N.m], Ptr [W] et Ω_s [rad/s]

II.4.3.6. Puissance mécanique (Pm)

Le couple électromagnétique de moment entraîne le rotor à la vitesse Ω . Il lui communique alors la puissance mécanique P_m .

$$P_m = C_{em} \times \Omega = P_{tr} \times \frac{\Omega}{\Omega_s} = P_{tr} \times (1 - g) \dots \text{I.9}$$

II.4.3.7. Pertes par effet joules et dans le fer au rotor (Pjr et Pfr)

Ces pertes représentent la différence entre P_{tr} et P_m elles sont dues aux courants induits elles ne sont pas mesurables, car le rotor est court-circuité

$$P_{jr} + P_{fr} = P_{tr} - P_m = P_{tr} - P_{tr}(1-g) = g \times P_{tr} \quad \dots \dots \dots \text{I.10}$$

II.4.3.8. Pertes mécaniques (Pmec)

Elles sont pratiquement constantes :

$$P_{\text{mec}} = P_{\text{m}} - P_{\text{u}} \dots \quad .11$$

II.4.3.9. Pertes constantes (Pc)

Ces pertes ne dépendent que de la tension U , de la fréquence f et de la vitesse Ω . Comme ces grandeurs sont généralement constantes, les pertes fer au stator et les pertes mécaniques sont aussi.

$$P_C \equiv P_{FS} + P_M$$

II.4.3.10. Puissance utile (Pu)

$$P_u = P_m - P_{me} \quad \dots \quad I.13$$

Le couple utile :

Le rendement :

II.4.4. Le point de fonctionnement

Le couple varie avec la fréquence de rotation pour le moteur et la charge entraînée. Les caractéristiques du moteur et de la charge se croisent au point de fonctionnement pour lequel les couples moteurs et résistants sont identiques. [4]

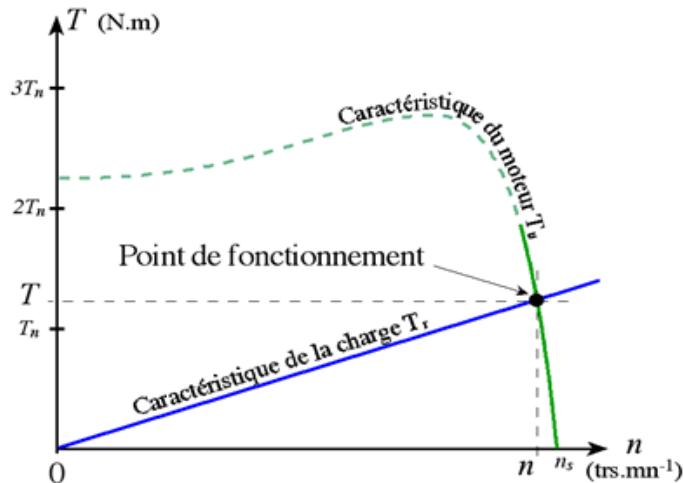


Figure I.10 : Point de fonctionnement de la machine asynchrone

II.5. Avantages et inconvénients du moteur asynchrone

Les avantages et inconvénients du moteur asynchrone sont assez nombreux mais les principaux sont résumés dans le tableau I.1

Avantage	Inconvénient
La robustesse La simplicité de construction Leur bas cout Un rendement excellent	Non découplage naturel Non linéarités

Tableau I.1 : Avantages et inconvénients du moteur asynchrone

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons passé en revue quelques généralités sur les machines asynchrones et on a constaté que le couple au démarrage ainsi que le courant sont importants ce qui présente un danger pour le moteur. Pour réduire ce courant il existe différents démaragements que nous allons présenter dans le seconde chapitre.

Introduction

Lors de la mise sous tension d'un moteur asynchrone, celui-ci provoque un fort appel de courant qui peut provoquer des chutes de tension importantes d'une installation électrique. Pour ces raisons en autres, il faut parfois effectuer un démarrage différent de démarrage direct. [7]

En fonction des caractéristiques du moteur et de la charge, plusieurs méthodes de démarriages sont utilisées. Le choix sera dicté par les impératifs électriques, mécaniques et économiques. [8]

La nature de la charge entraînée aura également une grande incidence sur le mode de démarrage à retenir.

II.1. Choix du mode de démarrage

Le choix d'un mode de démarrage nécessite une bonne communication entre le fournisseur d'énergie électrique, le constructeur du moteur et de la machine entraînée.

Les caractéristiques indispensables à ce choix sont : [9]

- La puissance du réseau d'alimentation et l'appel du courant maximal autorisé,
- Le couple et l'intensité du moteur à pleine tension en fonction de la vitesse de rotation,
- Le couple résistant de la machine entraînée,
- Le moment d'inertie des masses tournantes.

II.1.1. Condition de démarrage

Compte-tenu des caractéristiques du démarrage souhaité, il faut vérifier pour les types de démarrage envisagés que le démarrage peut effectivement avoir lieu dans de bonnes conditions au niveau de couple moteur, de l'appel de courant et de la durée de démarrage :

- Le couple moteur reste toujours supérieur au couple résistant.
- L'appel de courant sur le réseau et la chute de tension correspondante sont admissibles par le réseau.
- Le temps de démarrage est compatible avec les matériels utilisés.

II.2. Les différents types de démarrage

II.2.1. Démarrage direct

C'est le mode de démarrage le plus simple. Le moteur démarre sur ses caractéristiques naturelles. Au démarrage, le moteur se comporte comme un transformateur dont le secondaire (rotor) est presque en court-circuit, d'où la pointe de courant au démarrage. Ce type de démarrage est réservé aux moteurs de faible puissance devant celle du réseau, ne nécessitant pas une mise en vitesse progressive. Le couple est énergique, l'appel de courant est important (5 à 8 fois le courant nominal). [7]

II.2.1.1. Schéma électriques

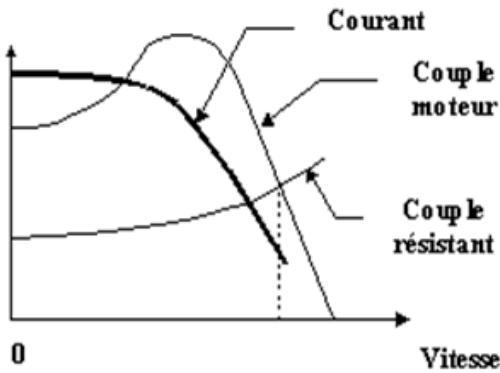


Figure II.1 : caractéristiques du courant et du couple

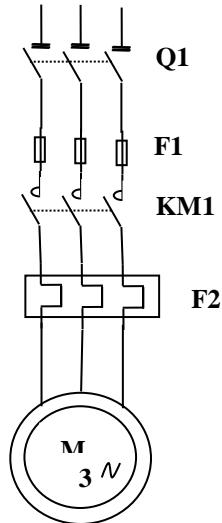


Figure II.2 : circuit de puissance

d'un démarrage direct

Malgré les avantages qu'il présente (simplicité de l'appareillage, démarrage rapide, cout faible), le démarrage direct convient dans les cas où :

- La puissance du moteur est faible par rapport à la puissance du réseau (dimension du câble)
- La machine utilisée ne nécessite pas de mis en rotation progressif et peut accepter une en rotation rapide
- Couple de démarrage important

Ce démarrage ne convient pas si :

- Le réseau ne peut accepter de chute de tension
- La machine entraînée ne peut accepter les à-coups mécaniques brutaux
- Le confort et la sécurité des usages sont mis en cause

II.2.2. Démarrage étoile triangle

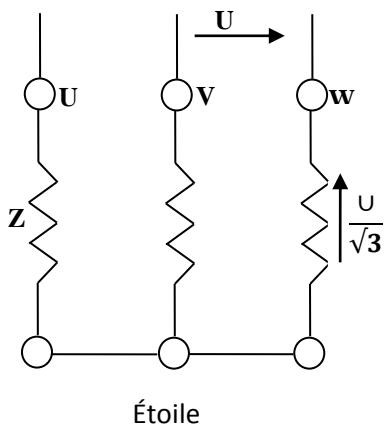


Figure II.3 : couplage des enroulements du moteur

Ce mode de démarrage ne peut être utilisé qu'avec un moteur sur lequel les deux extrémités de chacun des trois enroulements statorique sont ramenées sur la plaque à borne. Par ailleurs, le bobinage doit être réalisé de telle sorte que le couplage triangle correspond à la tension du réseau.

II.2.2.1. Schéma électriques

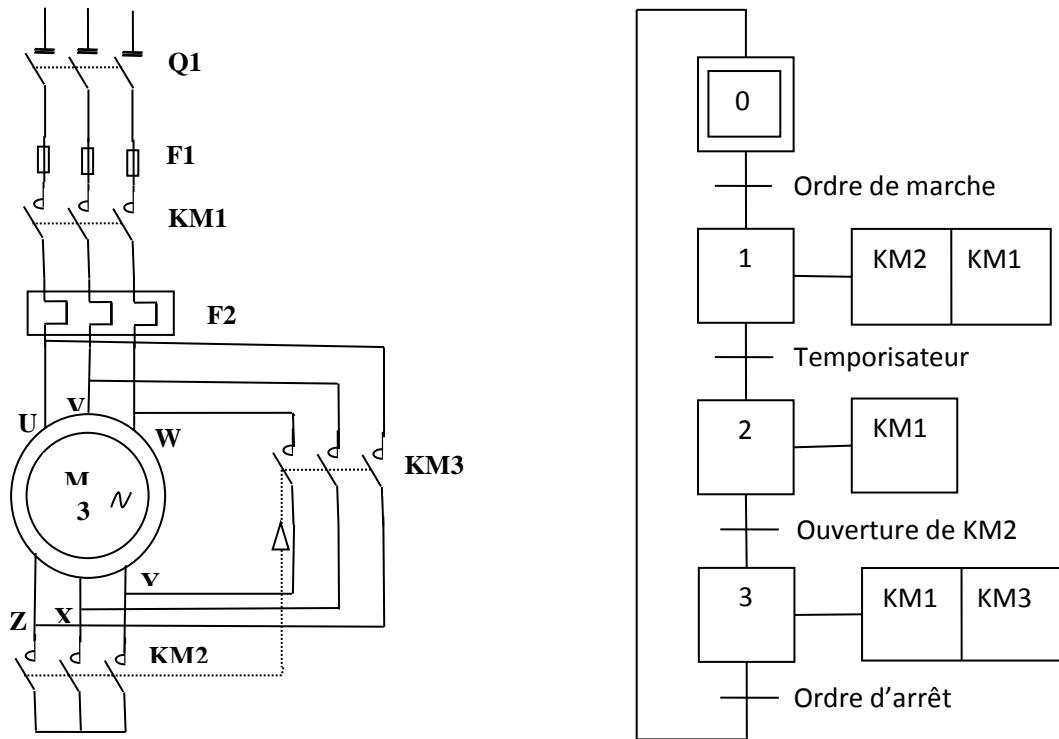


Figure II.4 : circuit de puissance et schéma fonctionnel

Le démarrage s'effectue en deux temps :

- **Premier temps** : mise sous tension et couplage étoile des enroulements. Le moteur démarre à tension réduite.
 - **Deuxième temps** : suppression du couplage étoile et mise en couplage triangle, le moteur est alimenté sous pleine tension. [10]

II.2.2.2. Caractéristiques de démarrage

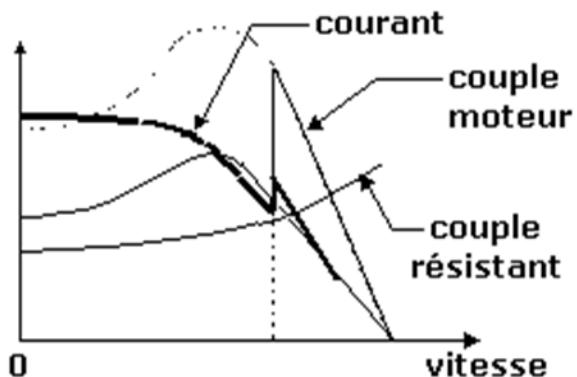


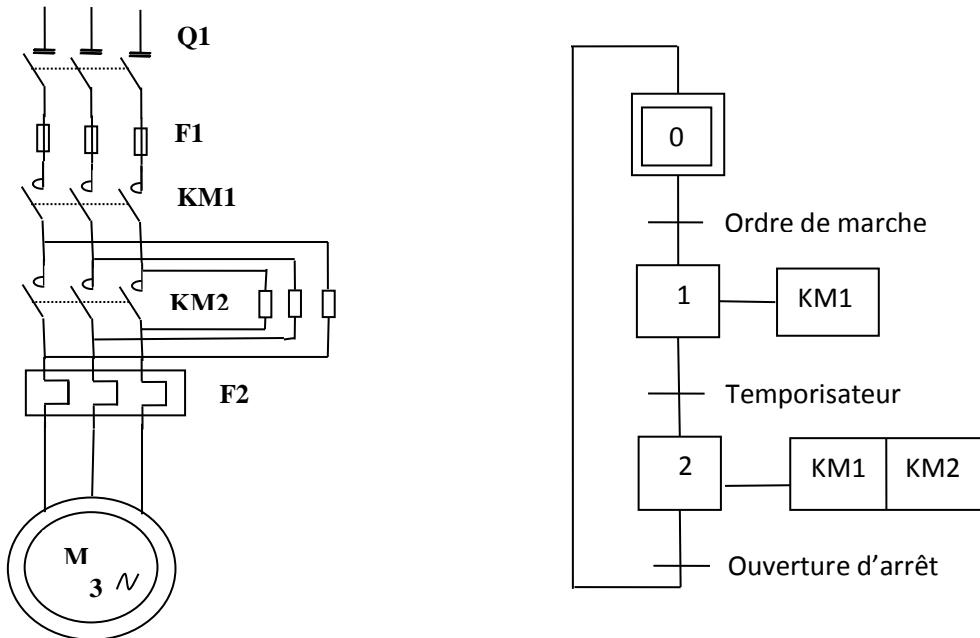
Figure II.5 : caractéristiques de courant et de couple du démarrage étoile triangle

D'après les courbes de la figure II.5 on voit bien que le courant de démarrage a été nettement réduit. Pour ce type de démarrage il faut s'assurer que le couple résistant de la machine soit toujours inférieur au couple de démarrage du moteur.

II.2.3. Démarrage statorique

Ce type de démarrage à des caractéristiques comparables au démarrage étoile triangle, il consiste à démarrer le moteur en lui appliquant une tension réduite grâce à des résistances montées en série avec les enroulements.

II.2.3.1. Schéma électriques



Ce dernier démarrage peut être associé au dispositif de démarrage étoile triangle. On démarre en étoile, puis passe en couplage triangle avec les résistances, et enfin on termine en couplage triangle direct.

II.2.3.2. Caractéristiques de démarrage

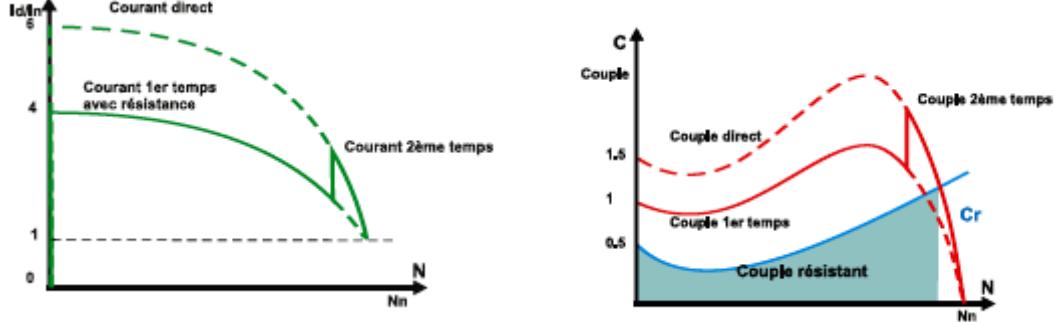


Figure II.7 : caractéristique de courant est de couple [4]

Le couplage des enroulements du moteur n'est pas modifié au cours du démarrage, l'intensité n'est réduite que proportionnellement à la tension appliquée au moteur, l'intensité maximale ce situe lors de la mise sous tension, puis elle diminue, $I_d \sim 4.5$ A. Le couple initial est relativement faible pour une pointe de courant assez importante.

II.2.4. Démarrage par autotransformateur

Dans le démarreur par autotransformateur, on effectue le même type que le démarrage étoile triangle (on a en plus le choix du rapport des tensions en choisissant le rapport de transformation) mais les phénomènes transitoires du démarrage étoile triangle (point du courant au passage triangle, ne plus exister car le courant n'est jamais coupé).

Dans un premier temps, on démarre le moteur sur un autotransformateur couplé en étoile. De ce fait, le moteur est alimenté sous une tension réduite réglable. Avant de passer en pleine tension, on ouvre le couplage étoile de l'autotransformateur, ce qui met en place des inductances sur chaque ligne limitant un peu la pointe et presque aussitôt, on court-circuite ces inductances pour coupler le moteur directement au réseau.

II.2.3.1. Schéma électrique

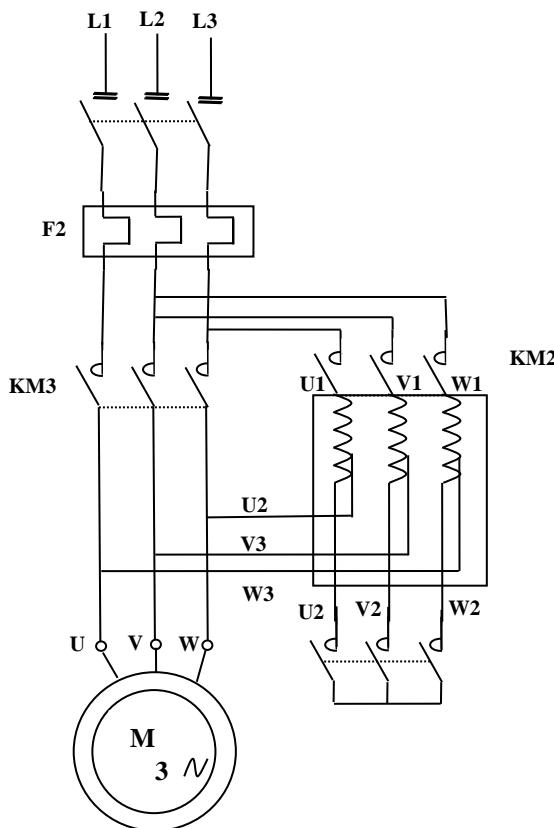


Figure II.8 : Circuit de puissance du démarrage

I.2.3.2. Caractéristiques du démarrage

Au moment de démarrage, la tension est réduite au moyen d'un autotransformateur

- **Premier temps :** l'autotransformateur en Y, le moteur est alimenté à tension réduite

- **Deuxième temps :** Ouverture du point Y, seul la self de la partie supérieure de l'enroulement limite le courant.
- **Troisième temps :** Alimentation du moteur sous pleine tension

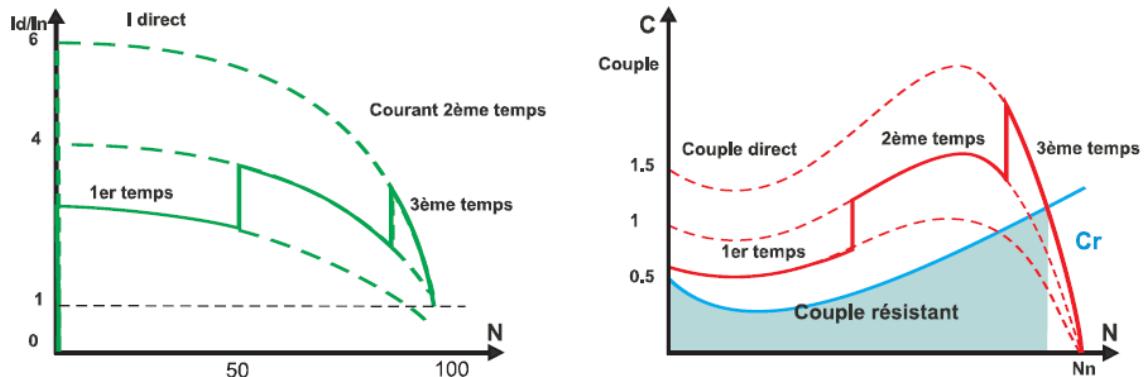


Figure II.9 : caractéristiques de courant et de couple

II.2.7. Démarrage rotorique

Dans tous les démarreurs précédents, nous n'avons utilisé que des moteurs à cage d'écureuil. Pour ce démarreur, nous avons besoin d'avoir accès au conducteur rotorique. Le fait de rajouter des résistances au rotor provoque une limitation de la pointe de courant au démarrage. En plus il a l'avantage, si les résistances sont bien choisies, de démarrer avec le couple maximale du moteur.

II.2.7.1. Schéma électrique

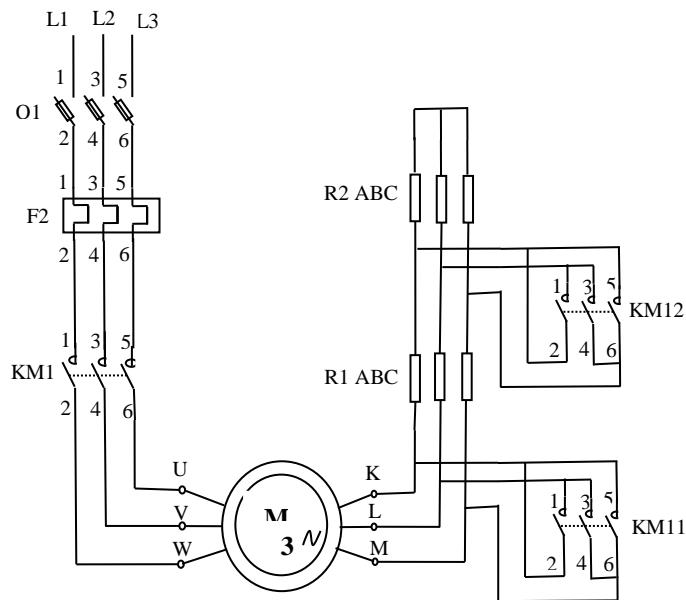


Figure II.10 : circuit de puissance

Ce mode de démarrage résout pratiquement tous les problèmes qui peuvent se poser au démarrage soit :

- Réduction de l'appel de courant sur le réseau avec augmentation du couple moteur,
- Adaptation du couple moteur au couple résistant,
- Démarrage long et progressif (par exemple, pour une charge de grande inertie).

Ce type de démarrage est utilisé surtout pour les démarrages en charge.

II.2.7.2. Caractéristiques de démarrage

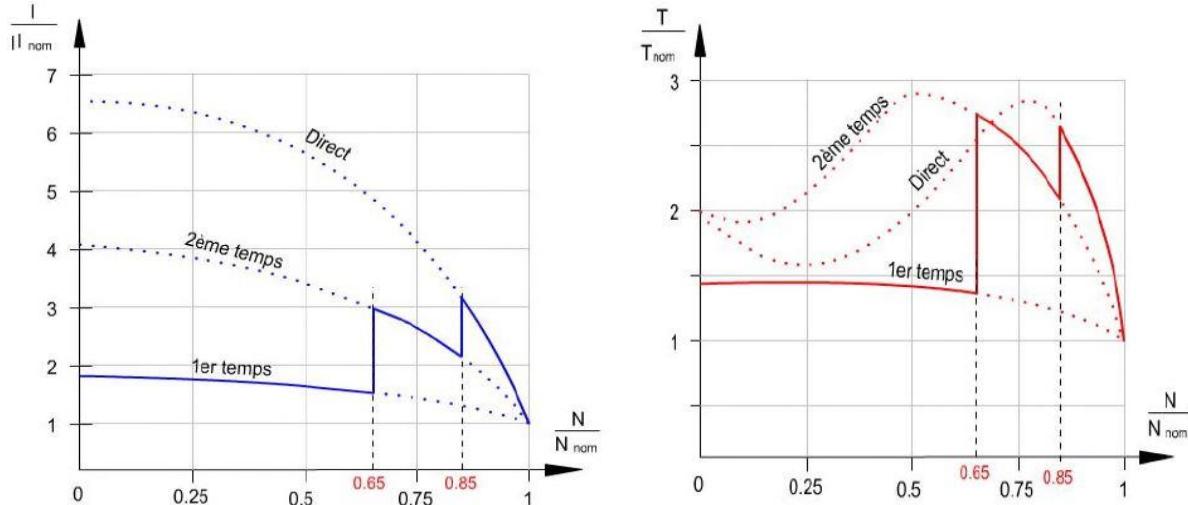


Figure II.11 : Caractéristiques de courant et de couple. [4]

Le fait que de rajouter des résistances au rotor provoque une limitation de point de courant au démarrage. En plus, il a d'avantage, si les résistances sont bien choisies, de démarrer avec le couple maximal du moteur.

II.2.8. Démarrage par démarreur électrique

Les démarreurs électriques permettent un démarrage progressif des moteurs, ils remplacent les démarreurs à technologie électromagnétique.

Le démarreur progressif gère en contenu la tension depuis une valeur de départ sélectionnable jusqu'à cent pour cent. Le couple et le courant augmentent ainsi d'une manière continue. Le démarreur progressif assure un réglage simple des performances de démarrage pour s'adapter à un moteur et à une charge spécifiques.

II.2.8.1. Réalisation du démarrage progressif

En comparant la caractéristique de charge avec la caractéristique du moteur, il apparaît que la caractéristique de couple du moteur se situe toujours au-dessus de la caractéristique du couple résistant, jusqu'à ce qu'elle coupe cette dernière. A ce moment de cycle, la charge nominale atteint la vitesse nominale.

La différence entre la caractéristique du couple résistant et la caractéristique de couple moteur représente ce qu'on appelle le couple d'accélération (Cacc). Ce couple fournit l'énergie servant à commencer à faire tourner et à accélérer l'entraînement.

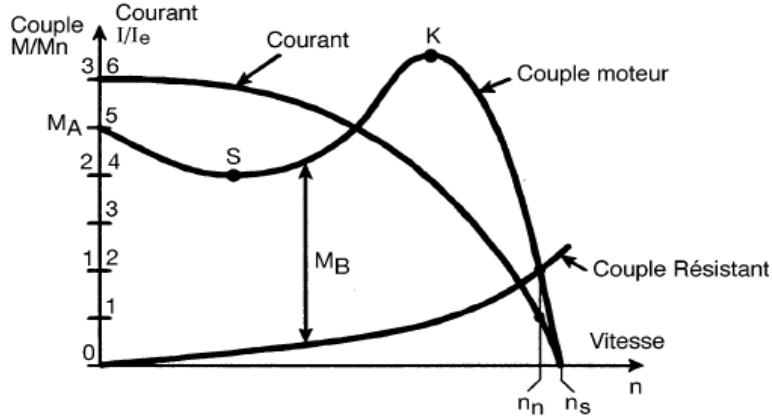


Figure II.12 : caractéristique du moteur

Le rapport entre les deux caractéristiques représente la mesure du temps de démarrage ou d'accélération d'un entraînement. Si le couple moteur est beaucoup plus grand que le couple résistant, l'énergie d'accélération est grande et donc que le couple résistant fournit une faible énergie et le temps d'accélération est d'autant plus grand. [11] [12]

Le démarrage progressif est ainsi réalisé en diminuant le couple d'accélération.

II.2.8.2. Influence de la tension moteur

La tension du moteur est facilement modifiée avec une commande à découpage de phase. Au moyen d'un semi-conducteur, le thyristor, il est possible de n'appliquer au moteur qu'une partie de la tension, en coupant la demi-alternance sinusoïdale. A l'instant où le Thyristor coupe la demi-alternance sinusoïdale, on définit l'angle d'amorçage "Alpha". Si l'angle "Alpha" est grand, la tension efficace. Moteur est petit. En déplaçant petit à petit L'angle d'amorçage "Alpha" vers la gauche, la tension efficace. Moteur augmente. Avec la Commande correspondante, le découpage de phase est une méthode simple et efficace Pour modifier la tension du moteur. [12]

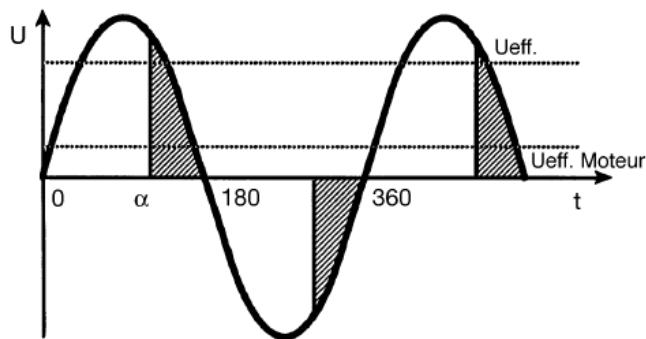


Figure I.13 : Découpage d'une phase

II.2.8.3. Types de démarrage progressif

A. Démarrage sur rampe de tension

Lors du démarrage sur rampe de tension, le temps de démarrage ou temps d'accélération et le couple initial de décollement sont fixés. Le démarreur progressif augmente la tension aux bornes du moteur linéairement depuis une valeur prédéfinie (tension de départ) jusqu'à la tension entière du réseau. La faible tension moteur au départ du processus a pour conséquence un couple moteur plus faible et entraîne ainsi un cycle d'accélération progressif. La valeur de départ de la tension à appliquer est définie par le couple initial de décollement qui égale au couple de départ du moteur.

Le temps d'accélération du moteur résulte du réglage du temps d'accélération et du couple de décollement

Dans la pratique, on définit d'abord le temps d'accélération (10 sec. environ pour les pompes) et ensuite le couple de décollement de manière à ce que le démarrage progressif soit réalisé.

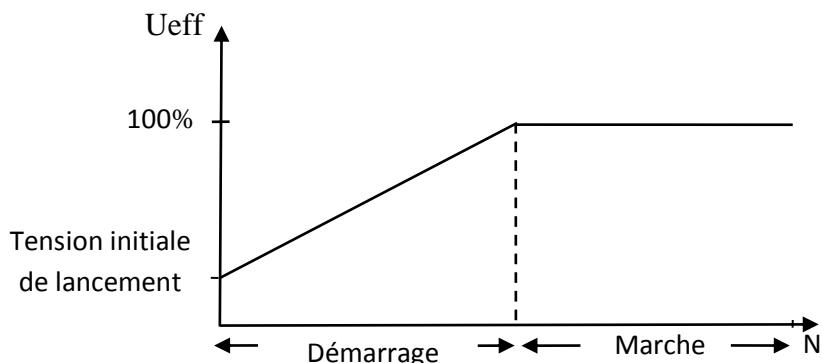


Figure II.14 : Caractéristique $U_{eff}=f(N)$ du démarrage sur rampe de tension

Lors d'un démarrage progressif sur rampe de tension, le courant augmente jusqu'à une valeur maximale et il redescend à la valeur I_n en atteignant la vitesse nominale du moteur. Le courant maximal ne peut pas être déterminé à l'avance, il dépend de chaque moteur.

B. Démarrage sur limite de tension

Le courant augmente selon une certaine rampe jusqu'à la valeur maximale définie et il redescend à la valeur I_n en atteignant la vitesse nominale du moteur. Le moteur ne peut ainsi tirer qu'un certain courant de démarrage. Cette méthode de démarrage est souvent demandée par les distributeurs d'électricité dans les cas où un gros moteur (aération du foin, pompe) doit être connecté au réseau.

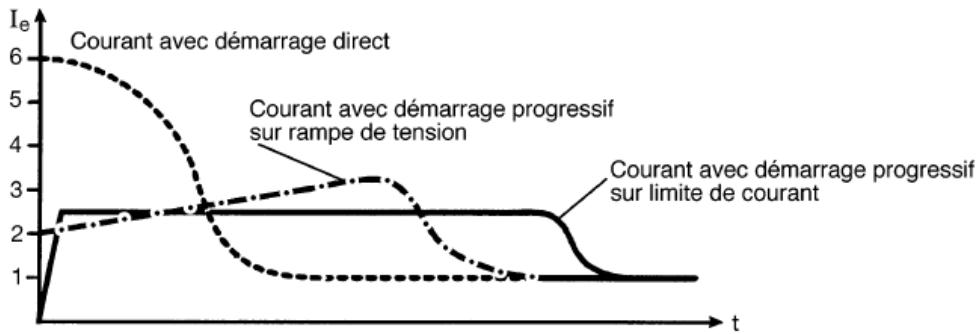


Figure II.15 : Caractéristique du courant moteur lors de démarrage sur limite courant

II.2.8.4. Types de démarreurs progressif

La différence entre les différents types de démarreurs progressifs réside dans la construction de la partie puissance et la caractéristique de commande.

Le démarreur progressif est basé sur le principe du découpage de phase. Au moyen d'un thyristor, il est possible de n'appliquer qu'une partie de la tension au moteur, en coupant la demi-alternance sinusoïdale.

Le thyristor ne laisse passer le courant que dans une direction. Un second semi-conducteur polarisé en sens contraire conduisant le courant négatif (semi-conducteur monté tête-bêche) est donc nécessaire.

On différencie les démarreurs progressifs selon les deux critères suivants :

1. Nombre de phases commandées.
2. Types du second semi-conducteur polarisé inversement.

Comme les différents types influence différemment sur la tension et le courant, on peut expliquer cela au moyen des trois schémas de principe qui suivent : [12]

A. Démarreur progressif commandé par alternance complète sur une phase

Les démarreurs commandés sur une phase sont principalement utilisés dans les domaines de puissances allant jusqu'à 5,5 kW maximum. Ils sont seulement appropriés pour éviter les chocs mécaniques dans le système. Le courant de démarrage du moteur à courant alternatif n'est pas diminué avec cette méthode.

Dans le démarrage commandé sur une phase, le découpage de phase est réalisé sur une phase au moyen de deux thyristors place en tête-bêche (phase L2). Les phases L1 et L3 sont directement connectées au moteur.

Dans les phases L1 et L2, lors de démarrage circule toujours un courant de 6 fois le courant nominale du moteur. Il est possible de diminuer le courant à «3 fois le courant nominale, seulement dans la phase commandée.

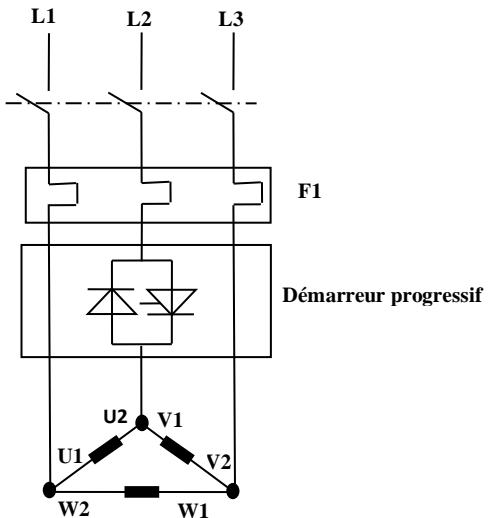


Figure II.16 : Démarreur progressif commandé par alternance complète sur une phase

B. Démarreur progressif commandé par demi-alternance sur trois phases

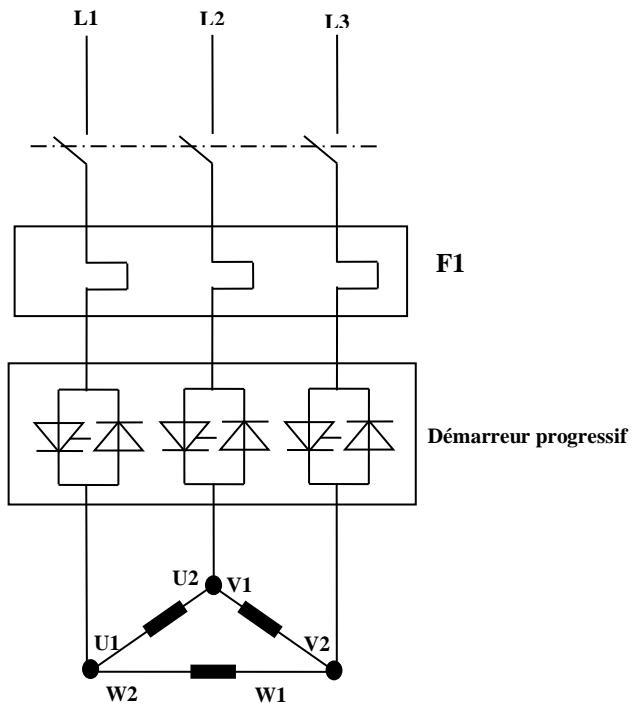


Figure II.17 : Démarreur progressif commandé par demi-alternance sur trois phases

Dans le démarreur progressif commandé par demi-alternance sur trois phases, le découpage de phase est appliqué sur les trois phases. Comme semi-conducteur de puissance, un thyristor et en tête-bêche avec une diode. Le découpage de phase ce fait donc uniquement en demi-alternance (commande par demi-alternance). Ainsi la tension n'est pas diminuée que lors de la demi-alternance lorsque le thyristor est conducteur. Lors de la deuxième demi-alternance, lorsque la diode est conductrice, la tension de réseau entière est appliquée au moteur.

Dans la demi-alternance non commandée (diode) les pointes de courant sont plus grandes que la demi-alternance commandée. Les oscillations harmoniques ainsi générées entraînent un échauffement supplémentaire du moteur.

Les Démarreur progressifs commandés par demi-alternance ne sont utilisable efficacement que jusqu'à environ 45KW

C. Démarreur progressif commandé par alternances complète sur trois phases

Dans ce type de démarreur, le découpage de phase se fait sur les trois phases. Comme semi-conducteur de puissance on utilise deux thyristors montés tête-bêche. La tension de phase est ainsi découpée dans les deux demi-alternances (commande alternance complète). A cause des oscillations harmoniques créées lors du découpage de phases, le moteur, par contre, est thermiquement plus sollicité avec le démarrage progressif qu'avec le démarrage direct.

Les démarreurs progressifs commandés par alternance complète sur trois phases sont utilisés pour des puissances allant jusqu'à environ 630 kW.

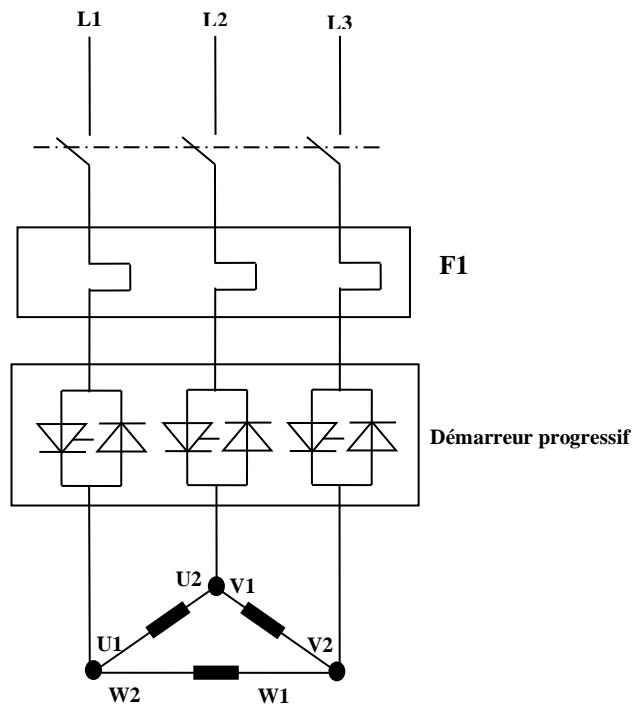


Figure II.18 : Commande du moteur asynchrone par gradateur

II.2.8.5. Avantages du démarreur progressif

Grâce au démarrage lent :

- ✓ Le démarreur progressif ménage le moteur et la machine.
- ✓ Le courant de démarrage est réduit ou peut être limité.
- ✓ Le couple est adapté à la charge correspondante.
- ✓ Pour les pompes, les ondes de pression au démarrage et à l'arrêt sont évitées.

- ✓ Les mouvements de retour et les chocs pouvant perturbés un processus sont évités.
- ✓ L'usure des courroies, chaines, entraînements et paliers est diminuée.
- ✓ Grâce aux différentes possibilités de commande, l'automatisation est facilitée.

II.2.8.5.1. Avantages mécaniques

Avec un démarrage direct, le moteur développe un couple de démarrage très important. Normalement les valeurs des couples de démarrage sont de 150 à 300% celles du couple nominal. Selon le type de démarrage et à cause du fort couple de démarrage, la mécanique de l'entraînement peut être sollicitée exagérément (contrainte mécanique), ou bien le processus de fabrication est perturbé par des chocs et des à-coups inutiles.

- ✓ Grâce à la mise en œuvre d'un démarreur progressif, on évite les chocs subis par les parties mécaniques de la machine.
- ✓ La caractéristique de démarrage peut être adaptée à l'utilisation (par exemple Commande de pompe).
- ✓ Câblage moteur facilité (seulement 3 conducteurs).

II.2.8.5.2. Avantages électriques

Le démarrage d'un moteur à courant alternatif entraîne dans le réseau des appels de courant importants (6 à 7 fois le courant nominal). Il peut en résulter d'importantes chutes de tension qui perturbent les autres utilisateurs connectés sur ce réseau. Les distributeurs d'électricité imposent donc des limites pour les courants de démarrage des moteurs.

- ✓ Avec un démarreur progressif, il est possible de limiter le courant de démarrage du Moteur, pour autant qu'un couple de démarrage élevé ne soit pas nécessaire.
- ✓ Les charges sur le réseau sont alors diminuées.
- ✓ Diminution éventuelle des frais de connexion au réseau.
- ✓ Dans de nombreux cas, une limitation du courant de démarrage est imposée par le Distributeur d'électricité ; les prescriptions correspondantes sont ainsi respectées.

Tableau comparatif des différents modes de démarrage des moteurs asynchrones triphasés

	Démarrage direct	Démarrage étoile triangle	Démarrage statorique	Démarrage par auto transformateur	Démarrage rotorique	Démarreur électronique
Courant de démarrage	100%	33%	50%	40/65/80%	70%	150 à 750%
Surcharge en ligne	4 à 8 In	1.3 à 1.6 In	4.5 In	1.7 à 4 In	<2.5 In	Pas de surcharge
Couple en % de Cd	100%	33%	50%	40/65/80%		10 à 50% (50 à 100% en 100ms)
Couple initiale au démarrage	0.6 à 1.5 Cn	0.2 à 0.5 Cn	0.6 à 0.85 Cn	0.4 à 0.85 Cn	0.4 à 0.85 Cn	<2.5 Cn
commande	T.O.R	T.O.R	1 cran fixe	3 crans fixe	De 1 à 5 crans	électroniques
avantages	- démarreur simple et économique -couple au démarrage important	-économiques - bon rapport couple/courant	-possibilités de réglages des valeurs au démarrage	-bon rapport couple/courant - possibilités de réglages des valeurs au démarrage	-très bon rapport couple/courant - possibilité de réglage des valeurs au démarrage	-Démarrage sans à coup - montée progressive en vitesse - limitation de l'appel de courant au démarrage
inconvénients	-pointe de courant très importante - démarrage brutal	-couple de démarrage faible -coupure d'alimentation au changement de couplage - moteur 6 bornes	-faible réduction de la pointe de courant au démarrage - nécessite des résistances volumineuses	-nécessite une auto transformatrice onéreuse - présente des risques de réseau perturbé	-moteur à bague plus onéreux -moteur à bague plus onéreux	-prix

Tableau II.1 : Tableau comparatif des différents modes de démarrage des moteurs asynchrones triphasés

Conclusion

Dans ce chapitre on a présenté les différent modes de démarrage des moteurs asynchrone, les solutions les plus répondues consistent à sous alimenter la machine pendant la phase de démarrage et à utiliser de l'électronique de puissance qui offre de mêmes performances à un cout et encombrement moindre et un rendement meilleur. Par conséquent on choisit le démarreur électronique.

Introduction

Le contrôle de la tension appliquée au moteur et la limitation de courant au démarrage est réalisé en variant l'angle d'amorçage des thyristors, ce qui permet au démarreur progressif de faire démarrer et d'arrêter un moteur électrique en douceur. Un réglage judicieux des paramètres permet d'adapter le couple moteur au besoin de la charge, de façon à ce que le courant soit le plus faible possible au démarrage.

Nous allons étudier et découvrir certaines des fonctionnalités avancées que l'on peut trouver sur les démarreurs progressifs modernes, ainsi que les conditions à prendre en compte lors du choix et du dimensionnement des démarreurs progressifs.

Dans notre cas, le complexe CEVITAL a opté pour un démarreur progressif électronique à gradateur de type SIKOSTART 3RW22 (Siemens) que nous allons devoir étudier dans ce présent chapitre.

III.1. Description de démarreur progressif électronique SIKOSTART 3RW22



Figure III.1 : Démarreur SIKOSTART 3RW22

Le démarreur progressif SIKOSTART 3RW22 est commandé par alternance complète sur trois phases pour les moteurs asynchrones, et il est constitué principalement de quinze bornes conçues pour les branchements et le câblage des circuits d'alimentations de commande, une interface de connexions pour PC type RS232, six bornes entré/sortie pour la branche directe sur le réseau triphasé et une interface pour la configuration de la tension de démarrage et la limitation du courant. La figure ci dessus montre l'interface principale de commande du SIKOSTART.

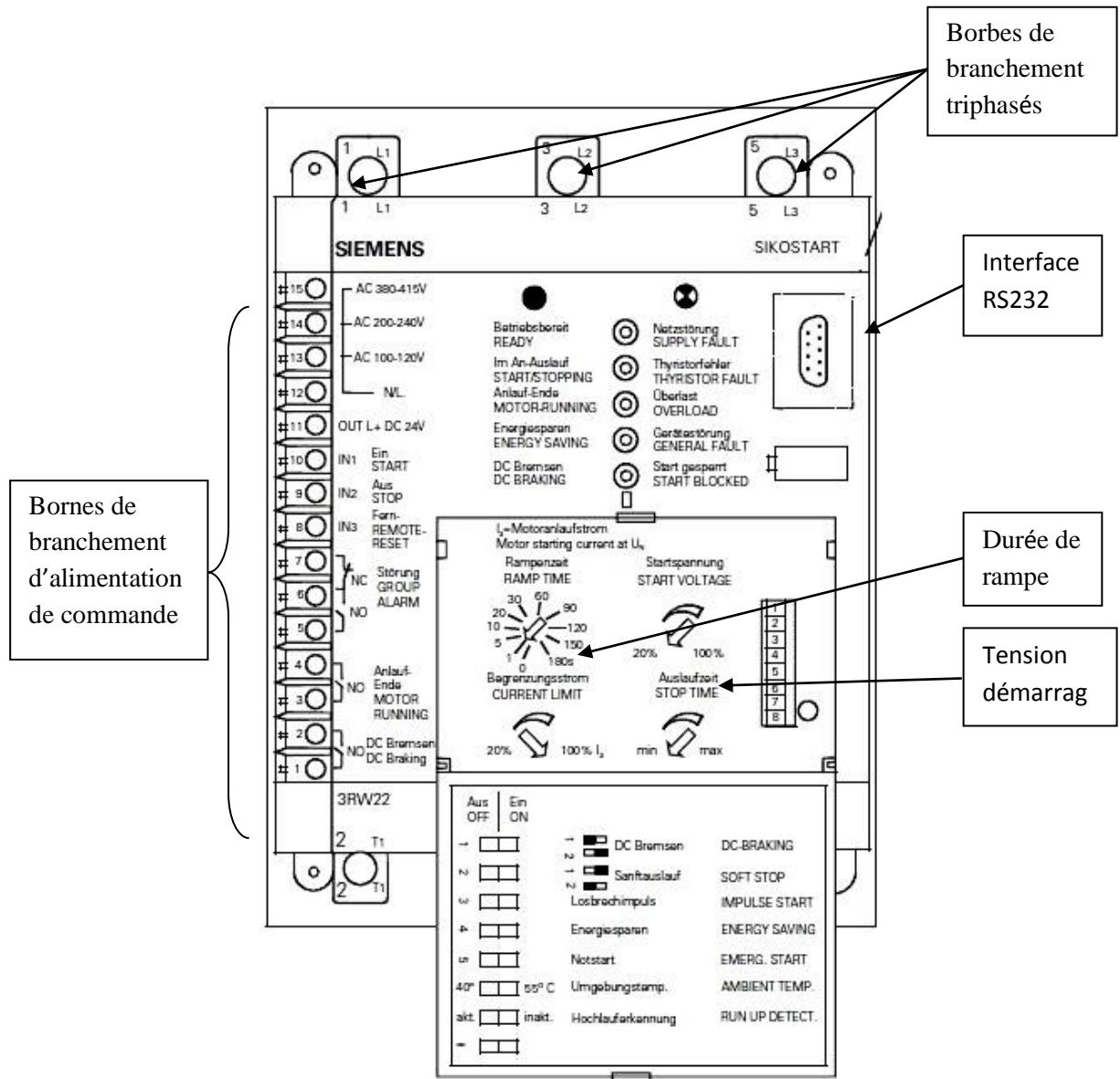


Figure III.2 : Schémas de commande du SIKOSTART

III.1.1. Tension d'alimentation de commande

Pour alimenter le démarreur, le branchement est effectué sur les 4 bornes existantes qui correspondent à 3 plages de tension

Tension d'alimentation U _s	Courant de commande I _s
100 V - 120 V	100 mA
200 V - 240 V	75mA
380 V- 415 V	40 mA
50/60 Hz	

Tableau III.1 : Plages de tension d'alimentation de commande

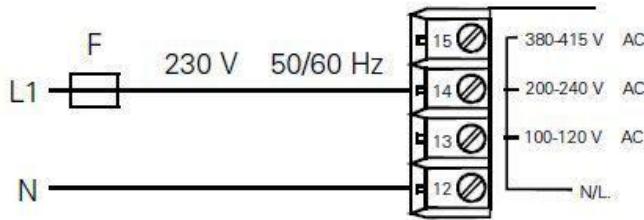


Figure III.3. Affectation de bornes (12, 13, 14, 15) [13]

III.1.2. Signaux de commande d'entrée

Les signaux de commande en provenance de l'installation sont appliqués aux entrées par des contacts libres de potentiel. L'alimentation secteur intégrée dans le démarreur applique la tension de commande 24 v aux entrées IN1 à IN3 par l'intermédiaire de contacts. Quatre montages sont possibles pour la commande.

III.1.2.1. Commande par impulsions

Le signal MARCHE est donné par un poussoir à position instable contact NO (Normalement Ouvert) entre les bornes 11 et 10, le signale arrêt par un poussoir à position instable contact NF (Normalement Fermé) entre les bornes 11 et 9. En cas de commande simultanée le signal ARRÊT est prioritaire.

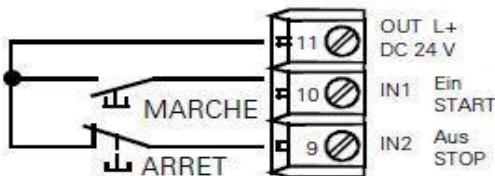


Figure III.4 : Raccordement aux bornes lors de la commande par impulsion [13]

III.1.2.2. Commande par signal maintenu

Le signal MARCHE/ARRÊT se fait par un interrupteur entre les bornes 11 et 10. Les bornes 9 et 10 sont shuntées.

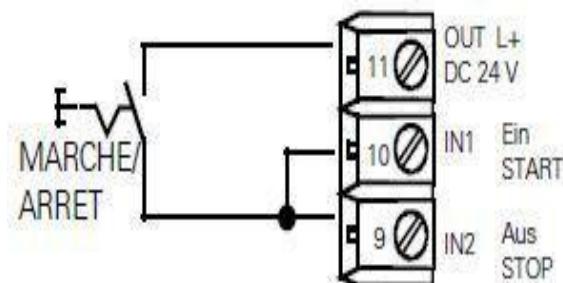


Figure III.5 : Raccordement aux bornes lors de la commande par signal maintenu [13]

III.1.2.3 Commande comme un contacteur

Le signal MARCHE/ARRÊT est obtenu par l'ouverture et la fermeture du circuit de tension d'alimentation. Les bornes 9 et 10 et 11 sont shuntées.

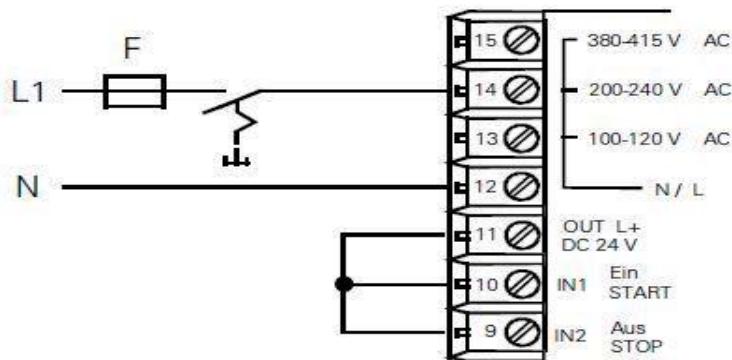


Figure III.6 : Raccordement aux bornes pour U=220V - 240V [13]

III.1.2.4 Mode automatique

Avec ce mode de fonctionnement il n'y a pas d'application d'une tension séparée d'alimentation des circuits de commande ni de commande spécial. La tension d'alimentation des circuits de commande est prélevée par le départ moteur.

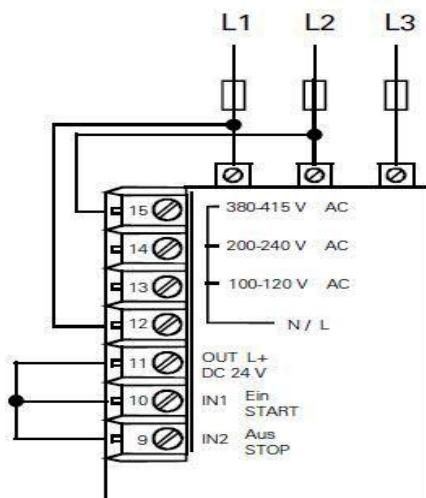


Figure III.7: Raccordement aux bornes de pour U=380V - 415 V [13]

III.1.3 Signalisation groupée de défaut

On dispose pour le relais 1 pour la signalisation de défaut de deux contacts auxiliaires libres de potentiel (NO+NF). Les LED clignotantes indiquent le type de défaut est acquitté en shuntant les bornes 8 et 11.

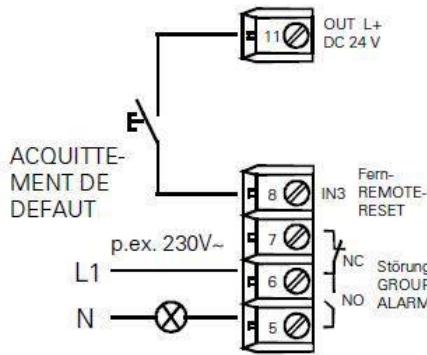


Figure III.8: Raccordement aux bornes en signalisation groupée de défaut [13]

III.1.4. Fin de démarrage

On dispose dans chacun des 2 relais d'un contact auxiliaire NO libre de potentiel.

- Le contact NO aux bornes 3 - 4 se Ferme après la phase d'accélération du moteur.
- Le contact NO aux bornes 1 - 2 commande un contacteur de freinage.

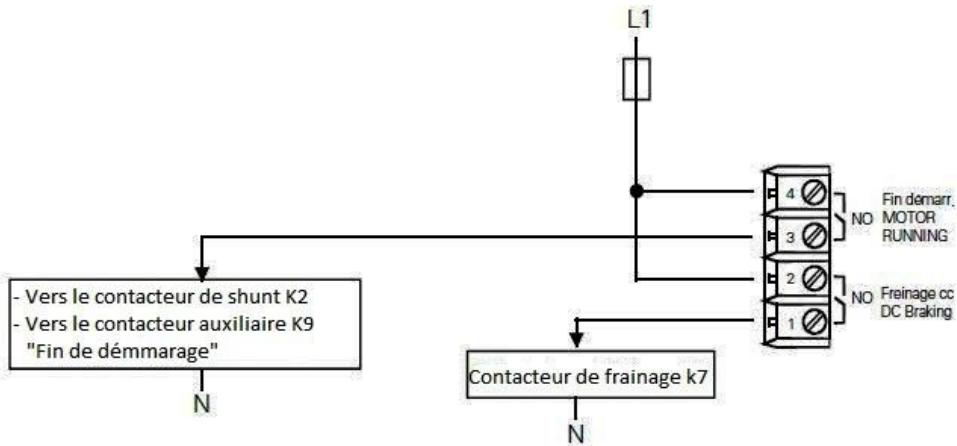


Figure III.9: Sortie à relais de démarrage et freinage [13].

III.1.5 Circuit principal

Un départ-moteur comprend quatre fonctions de base : le sectionnement, la protection contre les courts-circuits, la protection contre les surcharges, et la commande (marche - arrêt). Chaque départ-moteur peut être enrichi de fonctionnalités supplémentaires selon les besoins de l'application. Elles peuvent concerner :

- La puissance : variation de la vitesse, démarrage progressif, inversion de phase, etc.
- Le contrôle : contacts auxiliaires, temporisation, communication, etc.
- Éléments de sectionnement: la fonction de sectionnement avec protection des conducteurs contre les surchargés et les courts-circuits peut par exemple être réalisée au moyen d'un disjoncteur ou d'un interrupteur sectionneur fusible.
- Éléments de contact : le démarreur progressif SIKOSTART remplit la fonction d'élément de contact et de protection du moteur.

G1 : SIKOSTART
 A2 : thermistance
 F6 : fusible circuit de Commande
 K1 : contacteur
 Q1 : sectionneur
 S1 : arrêt d'urgence
 S2 : poussoir d'arrêt
 S3 : poussoir marche
 S5 : Acquit défaut
 M1 : moteur

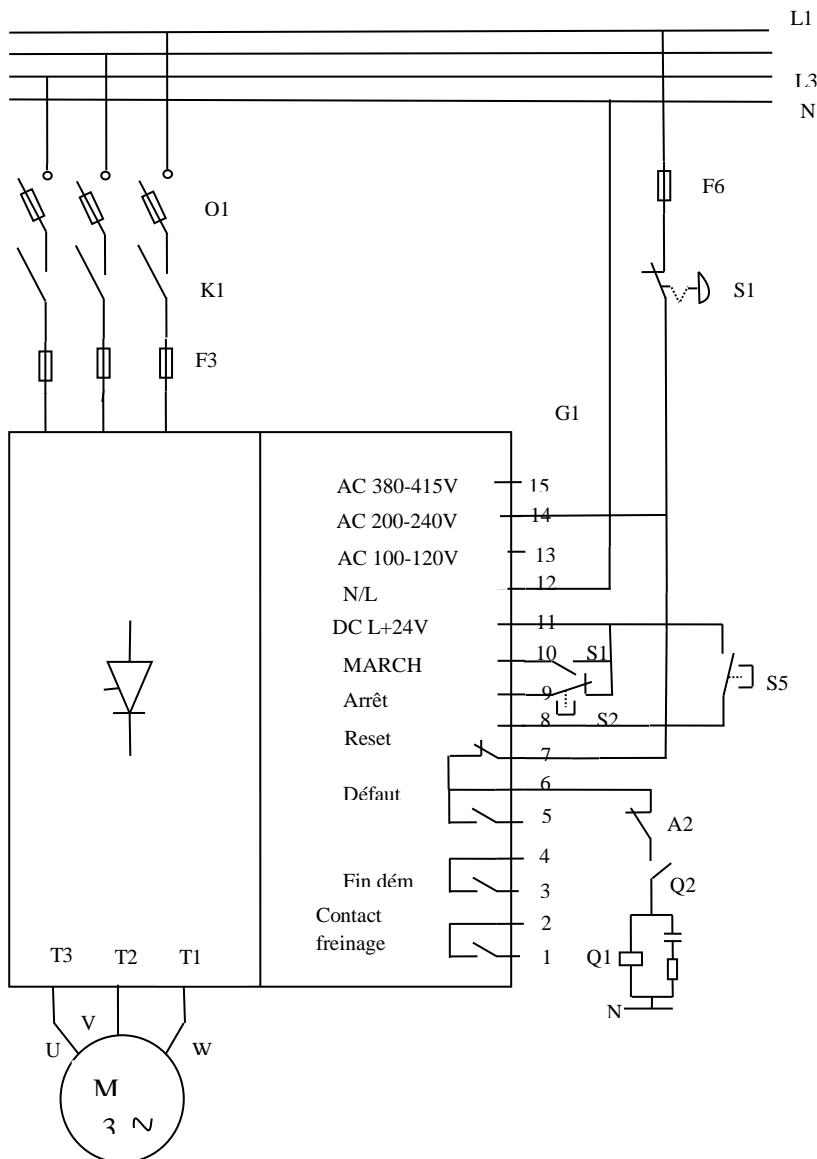


Figure III.10 : Schéma de principe d'un démarrage moteur [13]

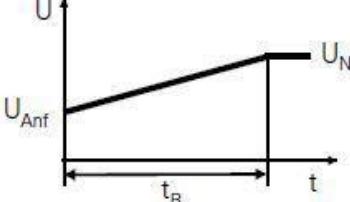
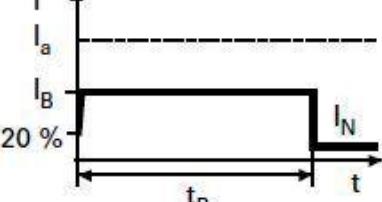
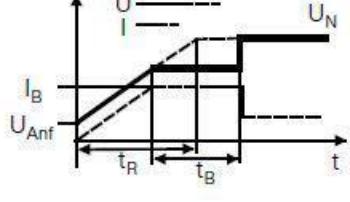
III.1.6. Mise en service et en mode de fonctionnement

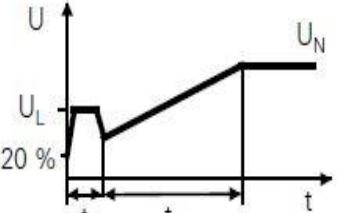
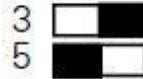
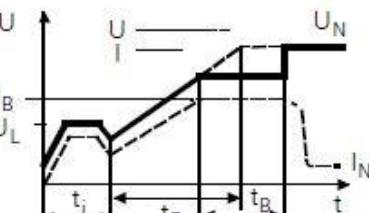
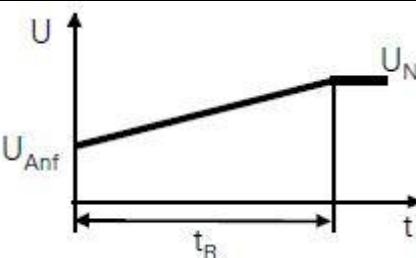
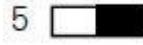
Le démarreur progressif SIKOSTART possède dans chaque des phases deux thyristors commutes de manière antiparallèle. Il s'agit d'un thyristor pour l'alternance positive et d'un thyristor pour l'alternance négative. En découpage de phase, la valeur efficace de la tension du moteur durant un temps de démarrage définissable sera augmentée jusqu'à la tension assignée du moteur, à l'aide d'une tension ou d'un cou et au démarrage réglable par l'intermédiaire de différents processus de régulation.

Le courant absorbé par le moteur évolue proportionnellement à la tension appliquée au moteur. Le courant de démarrage sera donc réduit en fonction de la tension appliquée sur le moteur. D'un autre côté, le couple de rotation évolue au carré par rapport à la tension appliquée sur le moteur.

Le couple de démarrage sera donc réduit proportionnellement au carré de la tension appliquée sur le moteur.

- a) On règle les valeurs avec les potentiomètres pour optimiser le démarrage.
- b) On règle la combinaison voulue de mode de fonctionnement au moyen des micro-interrupteurs (tableau III.2 et III.3).
- c) La variation des valeurs de fonctionnement à l'aide des potentiomètres 1 à 4 (tableau III.2 et III.3).
- d) Enclenchement de la tension et on contrôle l'indication par LED.
- e) On met le moteur en marche et on vérifie s'il démarre dans le temps voulu

Mode de fonctionnement au démarrage	Position des interrupteurs DIL n°3 et 5 OFF/ON	Position des potentiomètres X régler la valeur butée gauche/ butée droite ↔ réglage quelconque
Rampe de tension		3 5
Limitation de courant		3 5
Rampe de tension avec impulsion de boost		3 5

Rampe de tension avec impulsion de boost			Potentiomètre n° 1 X tR 2 X UL** 3 ↗ 4 ↔ UL=20 à 100 UN
Rampe de tension avec impulsion de boost et limitation de courant			Potentiomètre n° 1 X tR 2 X UL** 3 X Ib 4 ↔ tB*
Démarrage d'urgence			Potentiomètre n° 1 X tR 2 X UAnf 3 ↔ 4 ↔

* Limite de durée t_B

** Courant limite I_B

Tableau III.2 : Mode de fonctionnement au démarrage [13]

Le courant maximal de démarrage est limité par I_B . Selon la valeur du U_{Anf} , t_R peut être Arbitrairement petit.

- Limite de durée t_B : lors de la détection de fin d'accélération la tension aux bornes du moteur est portée à la tension du réseau .La limite maximale est de 20s .Si la fin d'accélération n'est pas détectée dans cet intervalle l'appareil se coupe et affiche un défaut (surcharge) .
- Courant limite I_B : $I_B=20$ à 100% du courant de démarrage du moteur. $I_B=0.5$ à 6 fois le courant assigné du SIKOSTART(I_e).
- Tension de boosse : Tension de démarrage= $0.8 \times$ tensions de boosse.
- Durée de l'impulsion t_i : 1s pour $t_R=20s$; sinon 50ms par seconde de durée de rampe.

Remarque :

L'impulsion de boots doit être réglée d'une manière que le moteur ne dépasse pas son couple de décrochage. Si le couple de décrochage est dépassé par l'impulsion de boots, l'appareil se coupe au bout de 20s et indique un défaut de surcharge ce qui signifie que la durée de démarrage est dépassée.

En fonctionnement	Position de l'interrupteur DIL n° 4 OFF/ON	Remarques
Conduction maximale	4 	Le radiateur peut être porté à des températures élevées ! Suivant le type d'appareil, la température du radiateur peut atteindre les 100 °C en service continu.
Economie d'énergie	4 	En mode d'économie d'énergie avec charge motrice, le moteur peut atteindre des vitesses hyper synchrones. Si l'on veut éviter des vitesses trop élevées, il faut désactiver le mode d'économie d'énergie.
Avec contacteur de shunting	4 	Pour la conception AC-1 du contacteur de shunting : positionner les interrupteurs 1 et 2 sur démarrage progressif. Régler la durée d'arrêt contrôlé au minimum (butée à gauche).
Avec un contacteur de shunting	1  2 	Sur un ordre d'arrêt, les thyristors du SIKOSTART sont amorcés avant l'ouverture du contacteur de shunting, ce dernier coupe le courant à tension nulle et donc en ménageant au maximum les contacts. Le circuit de courant se referme alors par les thyristors. Le blocage des thyristors intervient environ 1 s après l'ordre d'arrêt. Dans ce mode de fonctionnement, le SIKOSTART ne devrait pas être coupé par un contacteur réseau, dans la mesure où la tension de commande est appliquée en permanence au SIKOSTART, sans quoi un défaut réseau est signalé et le SIKOSTART ne pourrait être démarré qu'après acquittement du défaut.

Tableau III.3 : Démarrage en fonctionnement [13]

Cela signifie que, du fait de la commande de la tension du moteur par le démarreur électronique progressif durant le processus de démarrage, le courant de démarrage absorbé et le couple de démarrage généré dans le moteur sont également réglés.

De cette façon, il est possible de réduire lentement le couple généré dans le moteur et d'effectuer ainsi un ralentissement progressif de l'application. La fréquence reste constante durant ce processus et correspond à la fréquence du réseau .Après le démarrage du moteur, les thyristors sont commandés à 100 % de sorte que la tension d'alimentation complète est active aux bornes du moteur. Un réglage de la tension du moteur n'étant pas nécessaire durant le fonctionnement.

III.1.7. Traitement de des défauts

Le tableau III.4 présente quelques exemples de défauts et leurs solutions

LED clignotante n° Défaut signalé	Cause	Remède
1 Défaut réseau	Pas de tension	⇒ Vérifier les fusibles / vérifier le Contacter réseau
	Coupure d'une ou deux phases	⇒ Vérifier le contacteur réseau ⇒ Contrôler la tension de L1 à L3
	Réseau pollué avec des harmoniques	⇒ Contrôler le réseau (phases, déséquilibre, harmoniques) ⇒ Réduire les harmoniques
	Tension d'alimentation trop basse	⇒ Contrôler et surveiller la tension d'alimentation
	Pas de charge*	⇒ Brancher le moteur
2 Défaut thyristor	1 ou 2 thyristors claquéés Pas de fermeture tripolaire de contacteur de shuntage	⇒ Contrôler et évent. changer les thyristors. Les thyristors doivent avoir une résistance > 100 kΩ. ⇒ Vérifier le fonctionnement du contacteur
3 Surcharge	Surchauffe du radiateur	⇒ Contrôler la température ambiante ⇒ Contrôler l'interrupteur DIL 6 : Température ambiante et courant nominal correcte ? ⇒ Vérifier le dimensionnement ⇒ Entrainement bloqué ? ⇒ Fréquence de commutation trop élevée
	Courant permanent ou de démarrage trop élevé	⇒ Entrainement bloqué ?
	Durée de démarrage dépassée	⇒ Adapter la limitation de courant ⇒ Désactiver la détection de fin d'accélération
	Court-circuit de charge	⇒ Vérifier le circuit de la charge
4 Défaut appareil	Contacteur de shuntage s'ouvre après qu'il s'est déjà fermé	⇒ Vérifier le fonctionnement du contacteur
	Contacteur de shuntage non ouvert	⇒ Vérifier le fonctionnement du contacteur
	Défaut d'amorçage	⇒ Contrôler le réseau (phases, déséquilibre, harmoniques)
5 Démarrage bloqué	Radiateur passagèrement trop chaud pour un nouveau démarrage (un moteur en fonctionnement peut continuer de fonctionner sans problèmes)	⇒ Ne pas démarrer avant que la LED s'éteigne ⇒ Fréquence de commutation trop élevée

Tableau III.4 : les défauts signalés [13]

III.1.8. Caractéristique électriques

Le tableau III.5 rassemble les caractéristiques électriques du démarreur SIKOSTART.

Démarrage	
Tension de départ	20% à 100% Un
Durée de la rampe	0,3 s à 180 s
Impulsion de boost	MARCHE / ARRET, tension de boost= 20 à 100% U _n
Limite de courant de démarrage	20% à 100% de courant de démarrage du moteur, 50% à 600% de I _e
Démarrage d'urgence	MARCHE/ARRET
Fonctionnement arrêt de pompe	
Economie d'énergie	MARCHE/ARRET
Durée de rampe	5 s à 90 s
Arrêt contrôlé	
Durée de rampe	1 s à 20 s
Tension de départ	90 % Un
Tension de coupure	85 % rampes de démarrage-tension de départ
Signalisation fonction (permanant)	
LED 1	Prêt
LED 2	En démarrage ou en arrêt
LED 3	Démarrage terminé
LED 4	Economie d'énergie active
LED 5	En freinage
Signalisation défaut (clignotant)	
LED 1	Défaut réseau (absence de phase, pas de tension/charge, tension de commande trop faible)
LED 2	Thyristor défectueux (1 ou 2 thyristor claqué)
LED 3	Déclenchement par surchauffe ou surcharge
LED 4	Défaut appareil contacteur de shuntage ouvert/non ouvert, thermistance court-circuitée, chien de garde activé)
LED 5	Démarrage interdit, partie puissance trop chaude
Entrées de commandes	
Entrée 1	MARCHE
Entrée 2	ARRÊT
Entrée 3	Acquittement défaut
Courant de service	Env. 10 mA selon DIN 19240
Tension nominale	+24 prévenant de l'alimentation incorporée sur la borne DC L+24V
Sortie relais	
Sortie 1	Signalisation défaut (inverseur)
Sortie 2	Démarrage terminé (NO)
Sortie 3	Contacteur freinage MARCHE (NO)
Courant d'emploi assigné	3 A, AC-15 sous 240 V ; 0.1 A, DC-13 sous 240V ; 0.5 A, DC-13 sous 24 V
Caractéristique de la commande	
Tension d'alimentation	320 à 415, 200 à 240, 100 à 120+ 10 % / -15% [v]

Courant de commande	env. 40 A sous 400 V à 415 V ; env. 75 A sous 200 V à 240 V ; env. 100 A sous 100 V à 120 V
Fréquence nominale Plage d'utilisation	50/60 Hz 45 à 66 Hz
Protection court-circuit de commande	Fusible incomporé 250 mA a action lente, 6.3mm x 32mm
Tension de consigne	
Retarde à enclenchement	\leq 50 ms Commande séparée sous tension d'alimentation de commande et des sous tension dans le circuit principale
Retarde à enclenchement	\leq 1s Fonction contacteur MARCHE/ARET par enclenchement de la tension de commande séparée
Retarde à enclenchement	\leq 1.1 s mode automatique
Temps de récupération	\leq 440 après freinage par courant continu/dépend de la protection de surcharge.

Tableau III.5 Caractéristiques électriques [13]

III.2. Fonctionnement avec différents paramètres

Un démarreur progressif peut contrôler séparément plusieurs moteurs pour un démarrage séquentiel ou parallèle

Dans notre cas on veut paramétrier trois pompes alimentaires et deux ventilateurs. Il faut paramétrier suivant les entrées de commande IN1, IN2 et IN3 on utilise la commande par impulsion dans chaque entrée a sa fonction.

- IN1 : MARCHE/ARRET pour les deux ventilateurs
- IN2 : MARCHE/ARRET pour les trois pompes
- IN3 : Reset

Lors du paramétrage, on tient compte des valeurs admises pour le courant et la durée de démarrage, pour SIKOSTART et le moteur. La puissance assignée du SIKOSTART à dimensionner doit être au moins égale a la somme des puissances assignées des moteurs.

Les charges doivent avoir les moments d'inertie de masse et des caractéristiques de coupe identique.

III.2.1. Principe de fonctionnement

Pour démarrer le moteur M1 (voir figure III.2 et figure III.3)

- Une impulsion sur le bouton poussoir S11 impliquera l'excitation de la bobine KM10 si :
 - Aucun défaut n'est signalé K8 est fermé.
 - Aucun autre moteur (M1, M2, M3, M4, M5)
 - Le moteur M1 n'est pas branché au réseau le contact K12 est ouvert

b) L'excitation de la bobine KM1 entraîne la fermeture de tous les contacts ce qui implique au même temps :

- L'excitation de la bobine K1 (fermeture du contact réseau K1) et l'alimentation de circuit de puissance du démarreur.
- La fermeture de contact K10 aux bornes des bobines (11 et 10).
- Fermeture du contact moteur K10 et le démarrage du moteur M1.

c) Après une temporisation de 10 s

- Fermeture du contact K9 ce qui indique la fin de démarrage
- L'excitation de la bobine KM12.
- Ouverture de tous les contacts K10.
- La fermeture du contact K12.
- Branchement du moteur sur le réseau

d) L'arrêt se fait avec une impulsion sur le bouton poussoir S10.

Remarque :

Le constructeur Siemens exige pour le démarrage d'un autre moteur un décalage temporel de 20 min et ce pour des raisons de sécurité :

- ✓ Echauffement du démarreur.
- ✓ Risque de destruction de démarreur.
- ✓ Vieillissement prématué du démarreur

III.3. Avantages

- ✓ L'accélération progressive sans les transitoires de couple des démarreurs électromécaniques à tension réduite
- ✓ Courants de démarrage plus faibles et des temps de démarrage plus courts, car le contrôle par courant constant fournit un couple plus important.
- ✓ Réglage simple des performances de démarrage pour s'adapter à un moteur et à une charge spécifique.
 - Contrôle précis de la limitation du courant.
 - Usure réduite des systèmes mécaniques de transmission.
 - Une large gamme de protection pour les moteurs et les systèmes.
 - Câblage simple et moins encombré au niveau de l'armoire de démarrage.

III.4. Inconvénients

L'inconvénient majeur d'un démarreur électronique est l'introduction harmonique due au découpage des tensions et courant. Ceux-ci polluent et perturbent le réseau d'alimentation en conduisant à la détérioration du facteur de puissance.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons étudié les différents paramètres et les fonctionnalités du démarreur SIKOSTART. Nous avons aussi vu comment contrôlé et ajusté les potentiomètres de façon à voir un meilleur démarrage et une protection efficace de notre démarreur et des équipements, comme nous avons montré les différents défauts et leurs solutions.

Introduction

Le démarrage des installations de grande puissance nécessitent des équipements compacts et souples qui assurent une protection efficace des moteurs contre les surcharges et un contrôle précis à l'utilisation ou l'appel à un courant lors de démarrage est important, ce qui y'a un impact directe sur le fonctionnement de l'installation et le réseau d'alimentation.

Ce chapitre sera consacré à l'étude de la commande et le contrôle séquentiel automatique de démarrage de l'installation production de vapeur, et aussi à la description de TGBT d'une façon générale et la partie armoires démarrage de l'installation d'une façon précise, et nous allons décrire l'implantation des contacts auxiliaires temporisés, puis nous allons présenter la simulation du schémas de commande sur logiciel Schémaplic.

IV.1 Equipements de l'installation

Pour lancer le processus de production de vapeur, l'installation est équipée de trois pompes de grande puissance qui assurent l'alimentation des deux chaudières en eau, et deux ventilateurs qui fournissent de l'air comburant.

Les pompes et les ventilateurs sont entraînés à partir des moteurs asynchrones commandés et contrôlés au démarrage avec le démarreur progressif SIKOSTAR rw22

IV.2 Alimentation et distribution électrique de l'installation

IV.2.1 Présentation de TGBT

Le tableau générale de la basse tension constitue le point centrale de la distribution électrique et assure l'alimentation et la protection des équipements de l'installation à travers des armoires électriques de câblages.

IV.2.2 Equipements et architecture de TGBT

La figure IV.1 présente les schémas unifilaire d'une partie de TGBT qui alimente l'installation, dans l'arrivée du jeu de barre bus est alimentée par un transformateur 30kv/400v d'une intensité nominale de 5000 A,

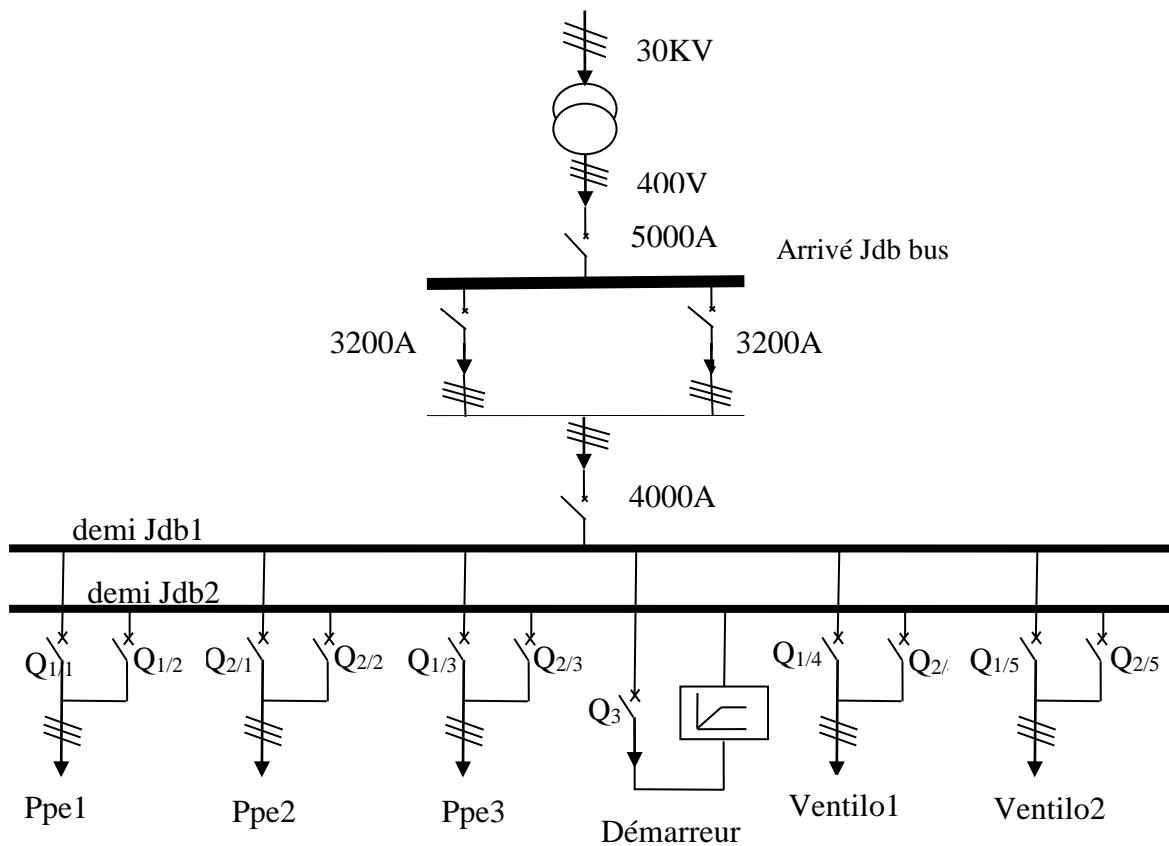


Figure IV.1 : Schémas unifilaire de TGBT partie installation.(Annexe 3 et 4)

Composition :

Les composants principaux de TGBT partie installation :

- Une arrivé générale sur disjoncteur principale 5000 A.
- Un jeu de barre bus.
- Deux départs sur disjoncteur 3200 A regroupés a l'arrivé sur disjoncteur 4000 A.
- Deux demi-jeux de barre.
- Trois départs moteurs assurant l'alimentation des trois pompes 500 K W.
- Deux départs moteurs assurant l'alimentation des deux ventilateurs 400 KW.

Chaque départ moteur est commandé sur disjoncteur et comprendra un démarrage progressif et une protection contre :

- Les courts-circuits.
- La surcharge.
- La sous -charge.
- Une baisse de tension.
- Une surtension.

- Une absence de phase.
- Une sous / sur fréquence $40\text{Hz} < F < 60\text{Hz}$.
- L'ordre des phases.
- Le court – circuit des thyristors du démarreur..

➤ Armoire de pompage avec démarrage progressif

Cet équipement est destiné à la commande et contrôle des pompes. Il constitue la méthode la plus efficace de réduction du courant et du couple pendant le démarrage des moteurs , en augmentant progressivement la tension aux bornes du moteur, procurant ainsi un démarrage progressif , et une accélération douce , en même temps qu'il limite le courant à une valeur juste suffisante pour assurer le démarrage.

Il est composé de :

- Démarreur progressif.
- Disjoncteur 4000 A
- Au niveau de poste de contrôle chaque moteur il à :

Un bouton poussoir marche (vert).

Un bouton poussoir arrêt (rouge).

Un sélecteur de choix : manuel / arrêt / automatique.

Un bouton poussoir effacement de défaut (rouge).

Un bouton poussoir arrêt Klaxon (rouge).

IV.2.3. Méthode de commande sur disjoncteur

Chaque dépare moteur est constitué de deux disjoncteurs connectés au deux demi jeu de barre, et ils sont commandé par le démarreur à l'aide de contacts auxiliaires et un mécanisme à déclenchement libre.

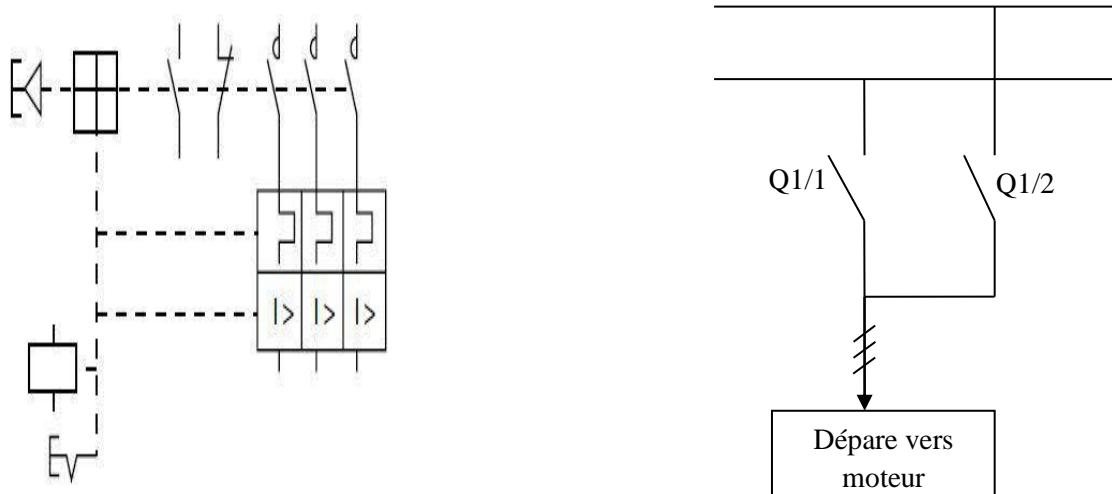


Figure IV.2 : Mécanisme a déclenchement libre de commutation

- Ordre d'ouverture et de fermeture du disjoncteur

Q1/1	Q1/2	Information démarrage
Ouvert	Ouvert	Absence de tension
Ouvert	Fermé	Début démarrage
Fermé	Fermé	Marche
Fermé	Ouvert	Fin de démarrage

IV.3. Etude au démarrage de l'installation

Pour pouvoir étudier le démarrage de l'installation nous allons décrire les caractéristiques des moteurs asynchrones et du démarreur fournis par le constructeur à partir des plaques signalétiques rapportées sur les tableaux suivants :

- **Pompe alimentaire**

Assurer le débit exigé à une pression pré-déterminée pour les deux chaudières :

Ses caractéristiques sont :

Tension nominale	380V/400V en triangle
Fréquence	50Hz
Courant nominal	I=820A en triangle
Puissance nominale	500KW
Facteur de puissance	Cos =0,91
Vitesse nominale	2982 tr/min

Tableau IV. 1 : caractéristiques du moteur de la pompe

- **Ventilateur**

Fourniture des chaudières en aire comburant

Tension nominale	380V/400V
Fréquence	50Hz
Courant nominal	725A
Puissance nominale	400KW
Facteur de puissance	0,82
Vitesse nominale	995tr/min

Tableau IV. 2 : caractéristiques du moteur électrique de ventilateur

- **Démarreur**

Assurer un démarrage progressif et une protection contre les pics de courant

Tension nominale	400V
Courant nominal	4000A
fréquence	50Hz

Tableau IV. 3 : caractéristiques du démarreur

IV.3.1. La séquence de mise en marche des moteurs

Pour lancer le système de production de la vapeur, il faut suivre l'ordre de la mise en marche des moteurs. Les deux chaudières doivent être remplie en eau avant d'actionné les ventilateurs se qui nous oblige a suivre la séquence de mise en marche suivant :

- 1) Pompe 1
- 2) Pompe2
- 3) Ventilateur 1
- 4) Ventilateur2

La pompe 3 est une pompe de secoure mise toujours a l'arrêt

Un intervalle de temps de 20 min entre les séquences de mise marche des pompes est exigé par le constructeur du démarreur qui doit être respecté. En effet, les ventilateurs peuvent être démarrés en 5 min comme temps de la séquence en vu de leur puissance inférieur aux pompes.

La commande de démarrage, se fait manuellement par des boutons pousoirs MARCHE/ARRET en séquence de 1 à 4 a partir de démarreur progressif, dans le schéma complet de commande et de puissance de l'installation est présenté sur annexe 1 et 2

VI.3.2. Position du problème au démarrage

Le problème soulevé au démarrage est l'appellation à un courant important lorsqu'on actionne les pompes et les ventilateurs en même temps, et par conséquent provoque l'échauffement des thyristors de démarreur (forçage) et aussi l'ouverture de la cellule protection transformateur par I_{max} .

Le temps de la séquence de mise marche exigé par le constructeur est parfois non respecter par l'utilisateur à cause de la façon non précise dans l'laquelle ce temps est gérer.

Les démarrages trop fréquents, à savoir : le nombre de démarrages maximum admis pendant la période de démarrage, soit de 1 à 10 départs pendant une période de 50 min provoque aussi l'échauffement de démarreur, ce qui nous oblige a amélioré le démarrage et assurer une protection efficace des équipements.

Toutefois, dans certaines applications, on veut que la commande de marche et d'arrêt soient transmises automatiquement au moteur en fonction d'une situation précise et assurer une protection efficace des équipements

IV.4. Solution proposer

La solution proposée au démarrage est d'installé des temporisateurs industriels qui vont nous permettre de gérer d'une façon précise le temps de mise en marche des moteurs et aussi à avoir un contrôle automatique séquentiel au démarrage de l'installation.

IV.5. Contrôle automatique de séquence

Les circuits qui permettent le démarrage automatique des moteurs en séquence sont communs. Il existe un certain nombre de méthodes qui peuvent être utilisées pour déterminer quand le prochain moteur devrait commencer. Certains circuits détectent le courant du moteur. Lorsque le courant d'un moteur tombe à un niveau prédéterminé, il va permettre au moteur suivant de démarrer. D'autres circuits détectent la vitesse d'un moteur avant de permettre à la prochaine démarrer. L'une des méthodes les plus courantes est le délai.

Pour réaliser une temporisation à l'alimentation, on emploie des temporisateurs avec retard à l'enclenchement ouvert au repos.

IV.5.1. Temporisateur

Le températiseur électrique est un composant souvent utilisé dans l'industrie pour ajouter un délai dans un circuit électrique. Ce délai est parfois nécessaire pour retarder le départ ou l'arrêt d'un moteur. Le températiseur électrique est en effet un relais auquel on peut retarder les actions. Le réglage du délai se fait à l'aide d'un bouton situé sur le températiseur.

VI.5.2 Bloc auxiliaire temporisé

Les blocs de contacts auxiliaires temporisés sont utilisés pour réaliser des fonctions d'automatismes, et servent à retarder l'action d'un contacteur lors de sa mise sous tension ou lors de son arrêt.

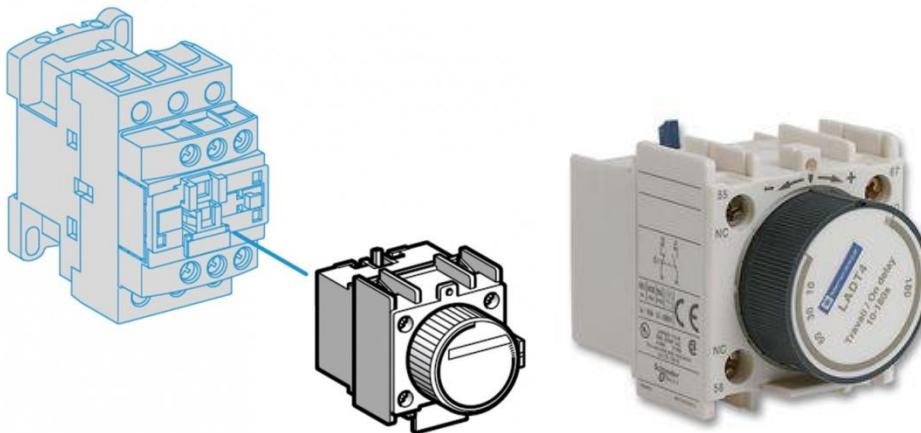


Figure IV.3 : Bloc de contact auxiliaire temporisé [15]

IV.5.3. Conception de circuit de commande

Avant de concevoir un schéma de commande de démarrage séquentiel automatique des moteurs nous devons présenter les exigences attendues lors de la mise en exécution de circuit du commande. Le circuit de contrôle automatique de séquence va nous permettre de :

- 1- Améliorer le démarrage avec les moyens que dispose l'installation.
- 2- Avoir une temporisation entre chaque deux moteur pour éviter le forçage de démarreur
- 3- Avoir la possibilité de commandé le démarrage des moteurs indépendamment dans le cas de problème technique ou signalisation de défaut.
- 4- Assurer un minimum technique de marche qui est le démarrage d'une seul chaudière à partir d'une seul pompe et un ventilateur
- 5- Empêché un démarrage parallèle de tout les moteurs pour évité l'ouverture de cellule protection de transformateur par Imax.
- 6- Assurer un démarrage en séquence de 2 à 5 dans le cas de défaut au niveau de la pompe1

A. Démarrage séquentiel des moteurs

L'ajout de 4 temporisateurs permet de démarrer les moteurs en séquence de 1 à 5 avec un délai de 5min entre le démarrage de chaque moteur

La figure IV.3 présente le circuit de commande de démarrage séquentiel des moteurs. Ce circuit utilise ce mode de temporisation à l'alimentation (T ON)

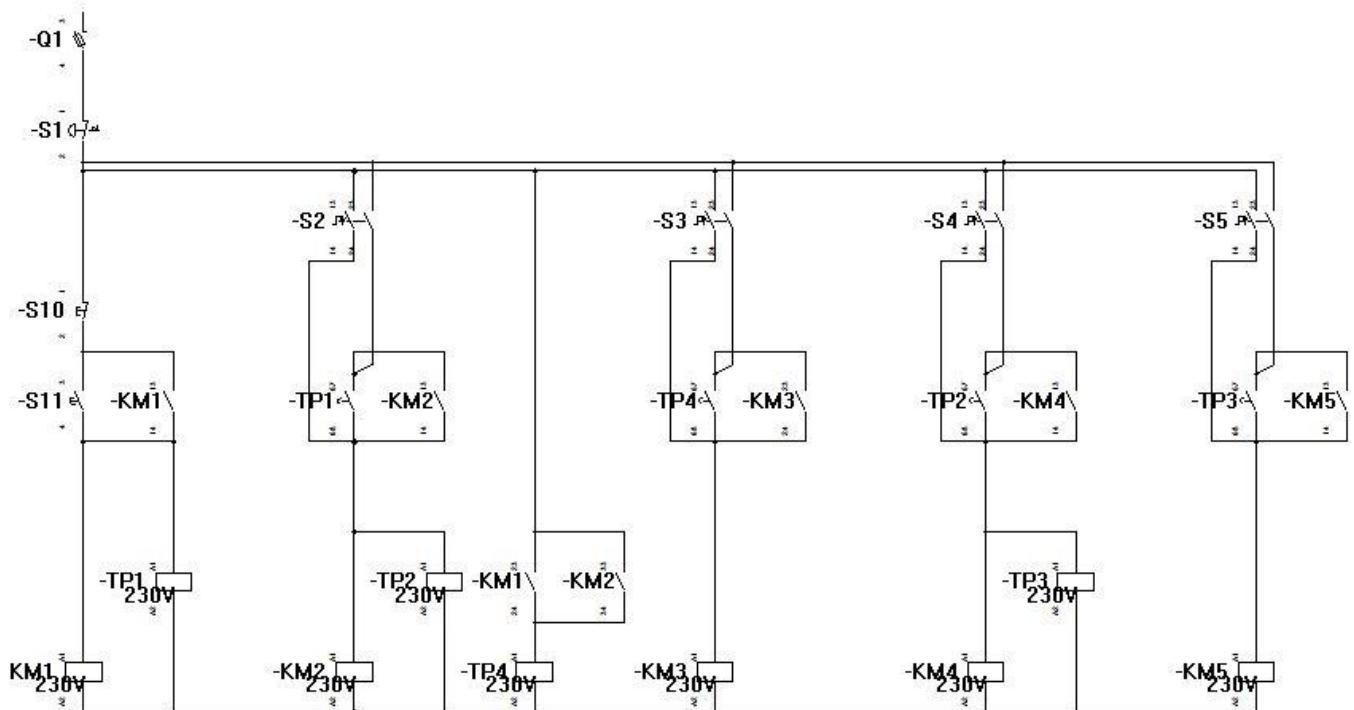


Figure IV.4 : Circuit de commande de démarrage séquentiel de deux moteurs

B. Composition de circuit de commande

Q1 : Sectionneur porte fusible de protection

S1 : bouton poussoir arrêt d'urgence

S 2, 3, 4, 5 : Interrupteurs rotatif trois position (manuelle/arrêt/automatique)

Tp : Temporisateur de marche (TON)

C. Analyse de fonctionnement

Analysons le circuit de la figure ci-dessus.

A partir des interrupteurs rotatifs S2 S3, S4, S5 on peut choisir le mode de démarrage de chaque moteur, et sélectionner lequel on veut démarrer dans chaque séquence dure 5min.

La configuration des contacts temporisés a la fermeture :

TP1 : 5min

TP2 : 10 min (double séquences)

TP3 : 5 min

TP4 : 10 min (double séquence)

- Lorsque l'on appuie sur le bouton "marche" S11,tout les contacts de maintien KM1 se ferment et alimente la bobine du contacteur KM1 de même que la bobine du relais temporisé TP1 et TP4. À cet instant, la pompe1 démarre et la période de temporisation commence.
- A la fin de la période de temporisation de 5 min, le contact TP1 du relais temporisé se ferme, alimentant alors la bobine KM2, ce qui entraîne le démarrage de la pompe 2 et lance la temporisation TP2. Après 10 min le contact temporisé TP2 se ferme et alimente la bobine du contacteur KM4, le ventilateur 1 démarre et lance la temporisation TP3
- Au bout de 5min, le contact du relais temporisé TP3 se ferme et alimente la bobine de contacteur KM5, le ventilateur 2 démarre
- Une fois le régime permanent des moteur est atteins, et le démarrage de l'installation est terminé, on pourra arrêter et redémarré n'importe quelle moteur à laide des boutons rotatifs sur la position manuelle.

NB :Le temporisateur TP4 est lancé soit a partir de la pompe1 ou pompe2, et cela pour pouvoir actionné la pompe3 en cas de défaut sur l'un des deux pompes

Les chronogrammes de démarrage en séquences de 1 à 5 sont présentés dans la figure suivante

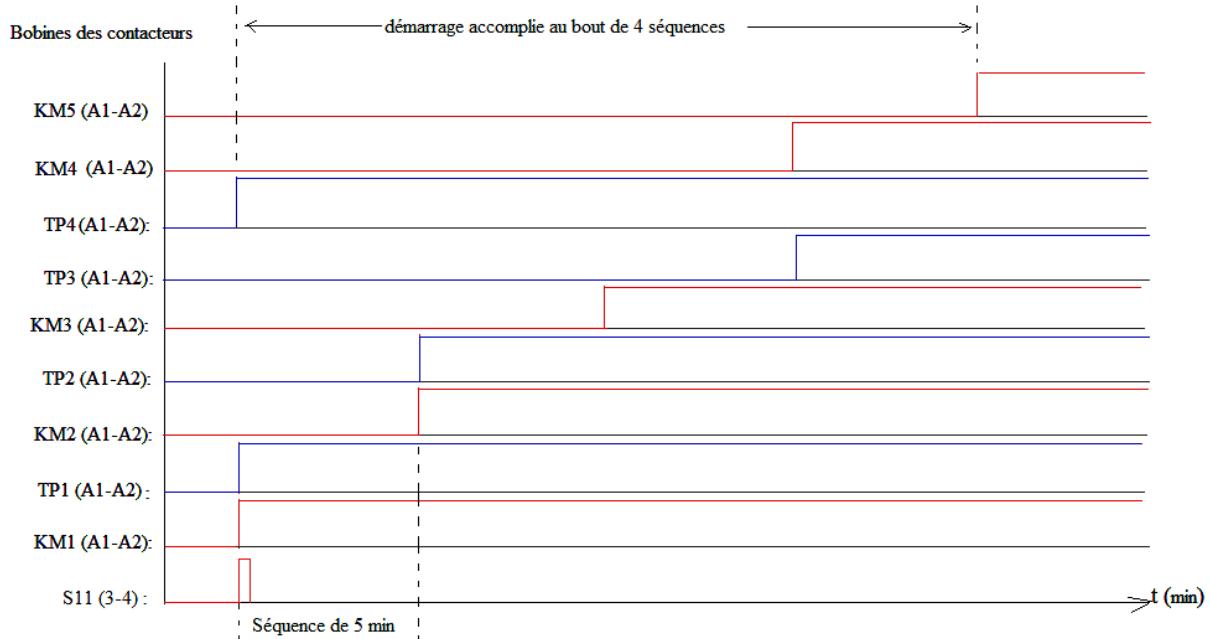


Figure VI.5 : Chronogrammes de démarrage en séquences de 1 à 5

On remarque à travers les chronogrammes que le démarrage des moteurs est réalisé au bout de cinq séquences durant un temps de 20 min avec un contrôle précis du temps de démarrage.

D) Circuit de puissance de l'installation

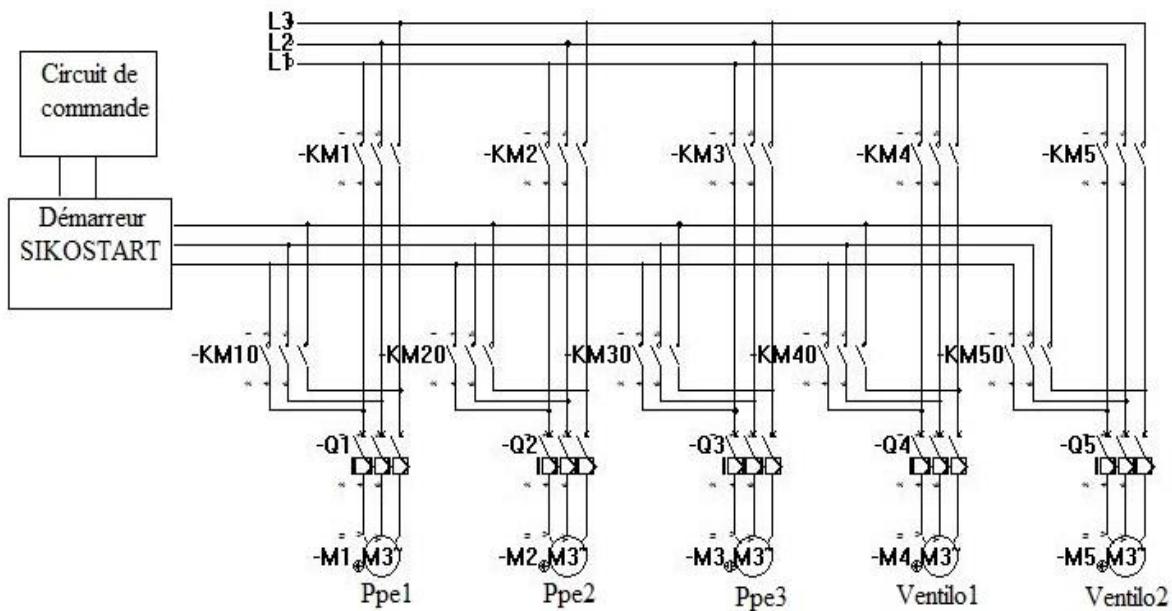


Figure IV.6 : Circuit de puissance de l'installation (voir annexe 2)

IV.6. Elaboration du schéma de commande

IV.6.1 Présentation du logiciel SCHEMAPLIC

Schémaplic est un logiciel le plus utilisés dans l'industrie, c'est un logiciel de conception des schémas électrique de commande et de puissance caractériser par sa capacité à détecté les défauts de raccordement des circuits électriques, comme il procède la description de chaque composant disponible dans la bibliothèque, et offre aussi une simulation avec visualisation des chronogrammes.

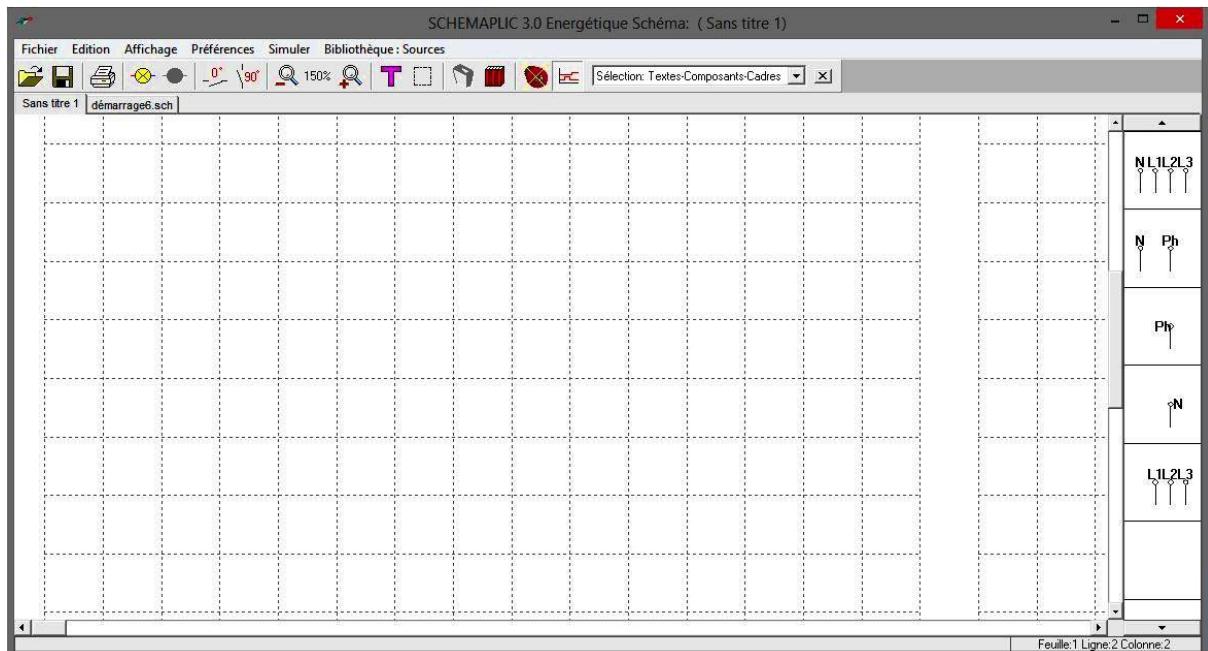
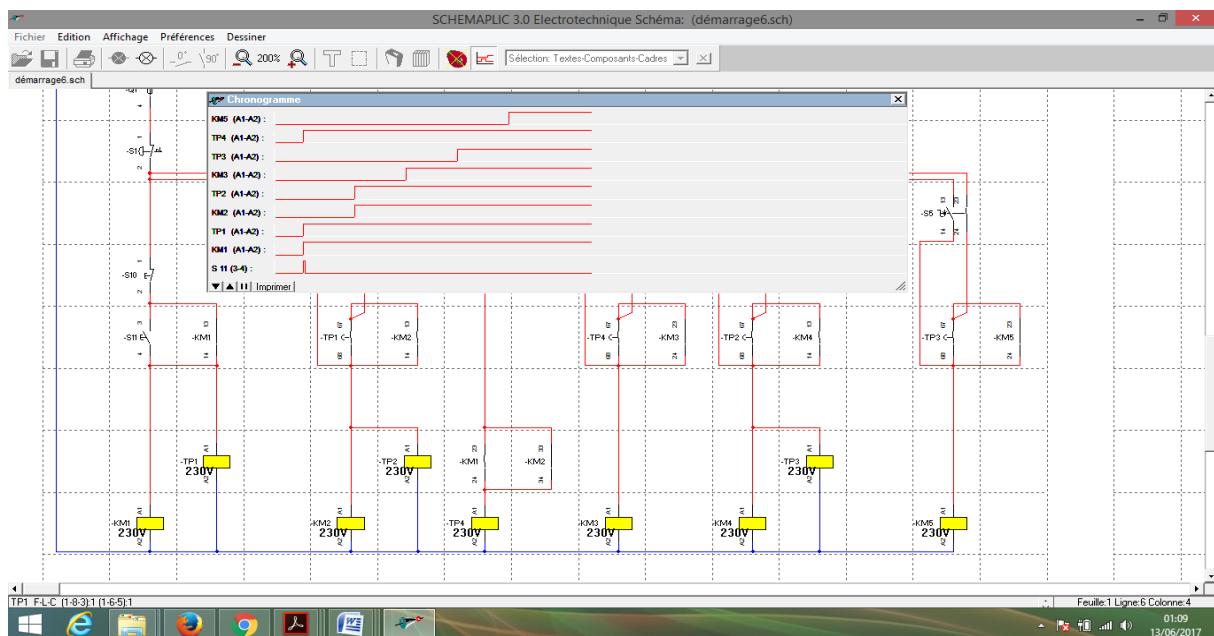
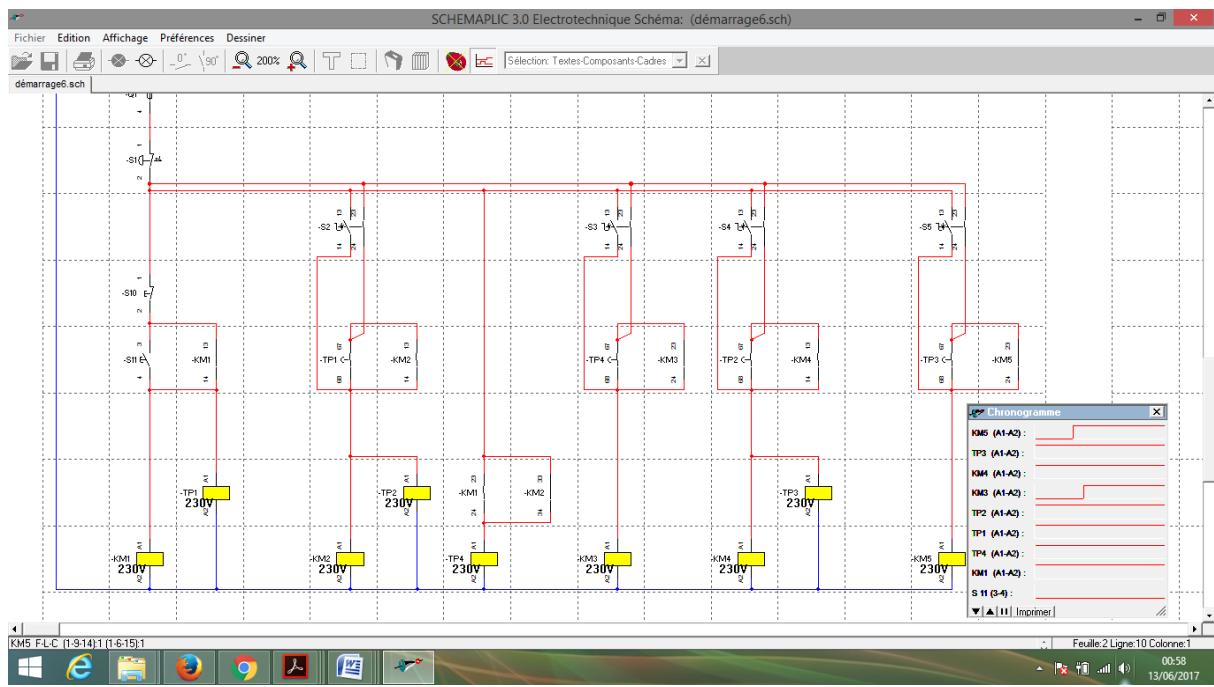


Figure IV.7 : Interface du logiciel SCHEMAPLIC

IV.6.2 Simulation de schéma de commande

Les procédures pour lancé la simulation :

- Appuyer sur le bouton simuler
- Mettre les boutons rotatifs de sélection sur la position désirer.
- Appuyer sur le bouton poussoir S11



On remarque que les bobines des contacteurs sont alimenté et que les chronogrammes sont identique a ceux qui son présenté dans la figure IV.5.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté la structure de TGBT, puis nous avons procédé à l'analyse de fonctionnement du système, puis on a proposé l'implantation de temporisateur industriel comme solution au problème au démarrage. Par la suite, nous avons présenté le logiciel SCHEMAPLIC.

Conclusion générale

Le travail que nous avons mené à la station cogénération, au niveau du complexe CEVITAL de Bejaia nous a permis d'acquérir des connaissances technique pratique et de nous familiariser avec le milieu du travail et à ses multiples exigences.

Le démarrage le plus adopté aux systèmes de pompage dans l'industrie est le démarrage par gradateur. Ce mode de démarrage est plus avantageux, il nous permet de contrôler la vitesse du moteur et de limiter le courant de démarrage. De plus le gradateur nous permet la possibilité de démarrer plusieurs moteurs en cascade.

Pour éviter l'échauffement des thyristors et l'ouverture de la cellule de protection nous proposons d'installer des temporiseurs et l'automatisation de l'installation par l'installation d'un système de commande du couple en boucle fermée.

Bibliographie

- [1] : Philipe le brun, «Technologie, choix et alimentation des machines asynchrones », www.larmand.fr
- [2] : M KOSTINKO et L PIOTROVSKI «Machine électriques», Berti édition, 1993.
- [3] : Alain Gonzaga «conception d'un automatisme», édition 03/1997.
- [4] : Adouane Tarik et Issad A/Ghani, «Etude et réalisation d'un démarreur électronique pour machines asynchrone » mémoire fin d'étude, université de Bejaia 2007/2008
- [5] : Guy Chateinger, Michal Boes, Daniel Bouix et JaquesVallant, «Manuel de génie électrique», Dunod, Paris 2006
- [6] : Académie Caen des sciences de l'ingénieur, «Le moteur asynchrone triphasé », www.discip.crdp.ac-caen.fr.
- [7] : FOIN FABRICE «Démarrage des moteurs asynchrones » capet génie électrique 2001
- [8] : Schneider «Démarrage et protection des moteurs » 2001
- [9] : J.Y. Blanc «contrôle –commande et protection des moteurs HT » CT165 édition décembres 1992
- [10] : B. Saïd lamine / C. Rachidi «études des procédés de démarrage des moteurs asynchrones au sein de la station d'enrobage SARL ETBER Bouira». Mémoire fin d'études. Université de Bejaia 2009
- [11] : D. Danic. R. le vcarrec. D. Blin «automatique et informatique industrielle»
Edition casteilla paris 1997
- [12] : Rockwell automation «notion fondamentales sur le démarrage des moteurs »
publication WP-START, France, janvier 1998
- [13] : SIKOSTART 3RW22 /instruction de service, n° de référence 3ZX1012-0RW22-1AN1
Edition 03/2002, république fédérald'Allmagne.
- [14]: CEVITAL Power list 400, mode de compatibilité 19/09/2005
- [15]: Schneider électrique, LADR2 time delay auxiliary contacte bloc 01/10/2015